

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Padrões de distribuição de pequenos mamíferos
não voadores na Mata Atlântica**

Kamila Souza Alves

Vitória, ES
Fevereiro, 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Padrões de distribuição de pequenos mamíferos
não voadores na Mata Atlântica**

Kamila Souza Alves

Orientador(a): Leonora Pires Costa

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal

Vitória, ES
Fevereiro, 2013

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais que, mesmo não tendo oportunidade de estudar durante o curso de suas vidas, sempre prezaram para que eu e minha irmã pudéssemos aprender acima de qualquer dificuldade e obstáculo. A sabedoria presente nos dois, em entender que o saber é o que constrói o caráter de uma pessoa, foi a maior força para me tornar a primeira mestre entre todas as pessoas de duas famílias inteiras.

À minha irmã que sempre me incentivou nessa jornada e que, mesmo sem saber, me deixou orgulhosa por diversas vezes, quando eu percebia o quanto ela ficava feliz com essa minha nova conquista.

Ao Gleidson, que entrou na minha vida nos quarenta e cinco do segundo tempo dessa minha jornada e, por diversas vezes, tentou entender meu trabalho só para me estimular. O problema é que às vezes, eu também não entendia o que tentava explicar.

Agradeço imensamente à Leonora Pires Costa por ter me dado à chance de trabalhar com ela, em uma época que eu estava desacreditada, desesperada e sem orientação (em todos os sentidos). Muito obrigado Léo por ter me aceitado, ainda na graduação, mesmo quando eu não mostrava interesse nenhum em sua linha de pesquisa. E muito obrigado novamente por cometer a loucura de assinar aquela carta de aceite para um projeto muito maior. Além do título de mestre, ter trabalhado ao lado de uma pesquisadora notável e uma das pessoas mais bondosas que eu já conheci, foram as minhas maiores conquistas.

Ao Yuri, que mesmo sem a obrigação de nos orientar, foi essencial ao meu trabalho, dando sugestões e *insights* que contribuíram para a realização do mesmo.

Ao professor Francisco Cândido Cardoso Barreto por ter aceitado me coorientar e ter feito a diferença na parte estatística do trabalho.

Às pessoas que me cederam os benditos pontos de coordenadas geográficas onde espécies de pequenos mamíferos poderiam estar presentes na Mata Atlântica. Entre elas uma ajuda essencial foi a da Daniele Moreira, que me cedeu

uma planilha valiosa de pontos de ocorrência de um trabalho feito por ela anteriormente.

Às diversas pessoas que foram verdadeiras orientadoras durante esse trajeto. Ao Vilácio Caldara Junior, Ana Carolina Covre Loss, Jeronymo Dalapicolla e João Paulo Maires Hoppe pela ajuda na produção dos dados e análise dos resultados.

Aos companheiros de laboratório, especialmente a Rafaela Duda Cardoso, por todas as vezes que leu meus anteprojetos e pelas sugestões; à Carol por todo seu conhecimento, que transborda mesmo sem ela perceber; à Letícia e Jeronymo por escutar todos os meus problemas diários e ao meu Best Friend Forever, Roger Rodrigues Guimarães e Fernanda de Freitas Gomes por “dormirem” comigo todas as vezes necessárias na UFES, quando os prazos estavam se esgotando e o trabalho era longo.

À Universidade Federal do Espírito Santo e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela infraestrutura e o financiamento destinados à realização desse trabalho.

SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract.....	iii
Introdução.....	01
Materiais e métodos.....	06
Coleta de dados biológicos.....	06
Definição do Domínio Mata Atlântica.....	06
Definição das fitofisionomias presentes no domínio Mata Atlântica.....	07
Preparação e revisão do banco de dados biológicos.....	08
Obtenção de variáveis ambientais.....	10
Análises de dados.....	10
Resultados.....	12
Discussão.....	27
Distribuição de pontos de ocorrência.....	27
Mantel e Teste de proporcionalidade.....	32
Similaridade de ecorregiões.....	38
Conclusões.....	41
Literatura citada.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área considerada pertencente ao domínio Mata Atlântica no Brasil, segundo o IBGE (2008).....	07
Figura 2 - Ecorregiões pertencentes ao domínio Mata Atlântica no Brasil, segundo o <i>shape</i> do WWF (2012).....	09
Figura 3 - Pontos de registro de gêneros de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. Os gêneros utilizados foram aqueles obtidos após a análise de dados. Nota-se uma maior concentração de pontos na Floresta Costeira da Serra do Mar e Floresta Costeira da Bahia, regiões de floresta ombrófila densa.....	14
Figura 4 - Pontos de registro de espécies de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. As espécies utilizadas foram aquelas obtidos após a análise dos dados. Nota-se uma maior concentração de pontos na Floresta Costeira da Serra do Mar e Floresta Costeira da Bahia, regiões de floresta ombrófila densa.....	15
Figura 5 - Análise de componentes principais relacionados ao conjunto de dados ao nível taxonômico de gêneros. Eixos que apresentam valores acima de 1 correspondem aos eixos selecionados para a análise dos dados.....	16
Figura 6 – Análise de componentes principais relacionados ao conjunto de dados ao nível taxonômico de espécie. Eixos que apresentam valores acima de 1 correspondem aos eixos selecionados para a análise dos dados.....	17
Figura 7 - Análise de similaridade de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica de gêneros selecionados de pequenos mamíferos na Mata Atlântica no Brasil. Em rosa, estão marcados os táxons pertencentes à ordem Didelphimorphia e em azul, àqueles que representam a ordem Rodentia. Os valores representam a similaridade em relação às variáveis que formaram aquele agrupamento.....	18

Figura 8- Análise de similaridade de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica de espécies selecionadas de pequenos mamíferos na Mata Atlântica no Brasil. Em rosa, estão marcados os táxons pertencentes à ordem *Didelphimorphia* e em azul, àqueles que representam a ordem *Rodentia*. Os valores representam a similaridade em relação às variáveis que formaram aquele agrupamento..... **19**

Figura 9 – Proporção de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica no nível taxonômico de gêneros de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil analisadas. Nota-se que a temperatura mínima do mês mais frio e temperatura média do quadrimestre mais seco foram as variáveis que apareceram como maiores influenciadoras no conjunto total de gêneros, bem como a temperatura do quadrimestre mais frio e temperatura média anual. Porém, não há diferença significativa em relação às demais. A altitude, variável tradicionalmente estudada, não foi selecionada para essa análise por não se apresentar aderida à nenhum eixo no teste de PCA..... **21**

Figura 10 - Influência que uma variável exerce na distribuição geográfica de espécies de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil analisadas. Nota-se que a sazonalidade da temperatura e a isotermalidade foram as variáveis que apareceram como maiores influenciadoras no conjunto total de espécies, aparecendo em 95% das 22 espécies analisadas. A altitude, tradicionalmente apontada como principal variável ambiental como modeladora da distribuição das espécies, apareceu sem nenhum suporte estatístico nas análises..... **23**

Figura 11 – Índice de similaridade de Jaccard em relação ao conjunto de dados ao nível taxonômico gênero de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. Os valores indicam o quanto cada grupo se reuniu por possuir a composição de gêneros semelhantes. Nota-se a formação de um grupo de florestas úmidas suportado por 64% de similaridade em relação a composição de gêneros..... **25**

Figura 12 – Índice de similaridade de Jaccard em relação ao conjunto de dados ao nível taxonômico de espécie de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. Os valores indicam o quanto cada grupo se reuniu por possuir a composição semelhante de espécies. Nota-se a formação de um grupo de florestas úmidas suportado por 42% de similaridade em relação a composição de espécies.....

RESUMO

Embora seja um dos domínios mais ameaçados do mundo, a Mata Atlântica ainda assim apresenta alta diversidade e endemismo de espécies. Entretanto, apesar da excepcional diversidade, a fauna é pouco conhecida, especialmente no que tange aos grupos mais diversificados, como por exemplo, as ordens Rodentia e Didelphimorphia. A falta de conhecimento taxonômico, chamada de déficit Lineliano, está intimamente relacionada com a falta de conhecimento dos fatores que atuam afetando a distribuição geográfica da fauna ao longo desse domínio tão heterogêneo, fato conhecido como déficit Wallaceano.

Os estudos realizados visando entender os processos que geram os padrões de distribuição das espécies na Mata Atlântica se atêm principalmente ao cunho altitudinal. Contudo, esses estudos apresentam limitações, na medida em que são realizados em escalas espaciais menores e não contempla a Mata Atlântica em seu todo. Nesse trabalho, objetivou-se entender os fatores ambientais que afetam a distribuição das espécies de pequenos mamíferos não voadores no domínio da Mata Atlântica brasileira. A macroecologia foi utilizada por se constituir em uma nova abordagem que se baseia em grandes escalas espaciais para caracterizar e explicar os padrões estatísticos de distribuição, abundância e diversidade.

Os estudos foram realizados tanto em nível de gênero quanto em nível de espécie. Quando comparados os resultados das análises dos dados, não se encontrou um padrão claro quando se levou em consideração o nível de gênero. Pôde-se atribuir essa falta de resultados conclusivos ao conceito de conservadorismo de nicho, que prediz que os gêneros moldaram sua distribuição atual por outros fatores, que não aos fatores ambientais. Enquanto que esses mesmos estudos indicam que em relação às espécies, os fatores ambientais são os principais influenciadores na distribuição geográfica dos organismos. Os resultados do presente estudo apontaram a sazonalidade da temperatura como o fator que mais influenciou na distribuição geográfica de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica. Esse resultado é distinto dos demais encontrados em literatura, que apontam a altitude como principal modelador da distribuição

geográfica das espécies no domínio considerado. Outro resultado encontrado discorre sobre a alta concentração de espécies de pequenos mamíferos não voadores em regiões de Floresta Ombrófila Densa, quando comparadas às demais ecorregiões. Esse indício corrobora a sazonalidade de temperatura como principal moldador da distribuição das espécies, já que nessas localidades há uma menor sazonalidade, justificando assim a alta riqueza faunística nessas fitofisionomias.

Palavras-chaves: macroecologia, pequenos mamíferos, padrões de distribuição, sazonalidade de temperatura, altitude, clima e Mata Atlântica.

ABSTRACT

The Atlantic Forest, one of the most endangered ecosystems in the world, presents high species diversity and endemism. Despite its exceptional diversity, the fauna is still poorly known, especially concerning the most diversified groups, like Rodentia e Didelphimorphia. The lack of knowledge on taxonomy, known as the Linnaen Shortfall, is equally related to the factors that affect the distributional range of species occurring in this very heterogeneous biome, a fact defined as Wallacean Shortfall.

Most studies aiming to understand the processes generating the distributional patterns of mammal species in the Atlantic Forest are concentrated on the effects of altitude. However, these studies are limited in scope, since they cover a minor scale, not contemplating the Atlantic Forest as a whole.

In this work, we investigated the environmental factors that affect the non-volant mammal species distribution in the Atlantic Forest of Brazil. The ideal framework to convey this endeavor was Macroecology, the subfield of ecology that deals with the study of relationships between organisms and their environment at large spatial scales to characterize and explain statistical patterns of abundance, distribution and diversity.

The research was carried out at two taxonomic levels: genus and species. No general pattern was found when the analysis was conducted at the genus level, a result that can be attributed to niche conservatism, since this principle predicts that, in general, genera achieved their present distribution to factors other than the environmental ones, while at a species level the environmental cues are the main factors regulating the distribution patterns. The results pointed out that temperature seasonality was the main factor affecting the distributional pattern of non-volant small mammals in the Atlantic Forest. This result differs from the literature, which indicate altitude as a major factor shaping distributional patterns of non-volant mammals in this biome. At last, we call attention on the high number of species recorded in the Dense Ombrophilous Forest, when compared to others ecoregions. This is another clue that reinforce the influence of seasonality on species

distribution in the Atlantic Forest, since temperatures are more uniform, in these localities reflecting higher faunal richness in these phytophysionogmies.

Key words: macroecology, small-mamals, distributional patterns, seasonality, altitude, climate, Atlantic Forest.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica historicamente cobria desde a costa nordeste até o sul do Brasil, Paraguai, e Argentina. Atualmente, aproximadamente 90% da área foi alterada restando cerca de 10% da sua cobertura histórica (Araújo, 2000; Tabarelli *et al.* 2005), ainda assim apresenta alta diversidade, riqueza e endemismo de espécies. (Myers *et al.* 2000). Entretanto, a fauna é pouco conhecida, especialmente no que tange aos grupos mais diversificados, entre os quais se encontra as ordens Rodentia e Didelphimorphia. (Reis *et al.* 2006).

A grande perda de hábitat, aliada a presença de um excepcional número de espécies de plantas vasculares e vertebrados endêmicos, coloca a Mata Atlântica entre as cinco principais áreas de conservação do mundo (Myers *et al.* 2000). Estratégias de conservação desse domínio dependem grandemente de um conhecimento básico sobre a distribuição geográfica de espécies, níveis de endemismo, e diversidade local. Contudo, apesar do aumento crescente no número de espécies descobertas nos últimos anos, tanto o conhecimento sobre a taxonomia (Déficit Lineliano) como o conhecimento sobre os padrões de distribuição das espécies na Mata Atlântica continuam obscuros e pouco compreendidos. Esse último fenômeno é conhecido como déficit Wallaceano (Lomolino *et al.* 2005). Nesse sentido, o conhecimento acerca da biodiversidade da Mata Atlântica ainda é extremamente incipiente, apesar de existirem diversos trabalhos esparsos, com grupos individuais de espécies, independentes uns dos outros (Moreira *et al.* 2009).

Os estudos de padrões de distribuição é um dos tópicos na biologia que interessa naturalistas desde o século XVII. Padrões de distribuição são definidos como organizações não aleatórias e repetitivas que são causadas por processos gerais ou únicos. Ou seja, a distribuição dos organismos não foi e nem é gerada ao acaso, os padrões são repetitivos e obedecem aos processos que geralmente são determinados pelo ambiente, tamanho corporal ou fluxo gênico (Brown & Lomolino, 2006). Muitos estudos têm sido realizados para entender quais fatores

podem estar atuando na distribuição das espécies e produzindo alguns padrões de distribuição gerais.

Para se entender a história de cada grupo de organismos, e os processos evolutivos que resultaram em sua atual distribuição geográfica, é imprescindível o entendimento do cenário passado, a história evolutiva dos grupos e os padrões atuais observados. Portanto, torna-se necessário avaliar os processos temporais e espaciais, atuais e passados, que moldaram a distribuição dos mesmos (Costa *et al.* 2000). A ciência avança com a descoberta de padrões, seguido do desenvolvimento de explicações de seus mecanismos e, finalmente, de rigorosos testes de teorias; até que uma seja razoavelmente bem consubstanciada para que esses padrões sejam amplamente aceitos (Brown & Lomolino, 2006).

Os principais resultados desses estudos discorrem sobre a relação entre a distribuição da riqueza de espécies de grupos taxonômicos diferentes e a heterogeneidade do habitat – a variação vertical dentro da fisionomia (Vieira & Monteiro-Filho, 2003; Geise *et al.* 2004; Fox & Fox, 2005; McCain, 2005) ou a complexidade do hábitat - variação horizontal na fisionomia (Roosenzweig & Winakur, 1969; Marquet, 1994; Lyons & Willig, 1997; Harcourt, 2008).

Diversos padrões são apresentados como os principais influenciadores na distribuição das espécies em âmbito global; porém, poucos apresentam uma aceitação universal. Um padrão bem definido está relacionado com a latitude. Sabe-se que as regiões tropicais são mais abundantes, diversas e ricas em espécies quando comparados às regiões temperadas (Brown & Lomolino, 2006). Porém, alguns pesquisadores (Geise *et al.* 2004; McCain 2004, 2005, 2007; Ferro *et al.* 2009; Torre & Arrizabalaga, 2009; Cáceres *et al.* 2011) têm apontado os sistemas de altitudes como o padrão global biogeográfico influenciador na distribuição para pequenos mamíferos não voadores em diversos domínios.

Os sistemas de altitudes (medidas de uma localidade) são por muitas vezes tidos como análogos do sistema de latitudes, onde, a riqueza de espécie tende a diminuir à medida que elevamos a altitude. Entretanto, dentro desse padrão, se reforça o efeito do domínio médio, onde a maior concentração de riqueza e diversidade de espécies estaria reunida nas regiões intermediárias de montanhas.

As causas desse efeito tem sido recorrentemente centro de discussões e debates (Gaston & Blackburn, 2000; Lomolino, 2001; Colwell *et al.* 2004; McCain 2004), tornando assim, a generalidade encontrada em sistemas de altitudes controversas.

Outros autores, afirmam que o padrão atual de distribuição de espécies está relacionado a eventos de não equilíbrio (Fischer, 1960; Fischer & Arthur, 1977; Stanley, 1979). Eventos de não equilíbrio são aqueles que foram ocasionados por mudanças históricas, geológicas e climáticas (Brown & Lomolino, 2006). Ou seja, esses autores acreditam que os padrões atuais de distribuição das espécies estão relacionados a fatores e eventos na história que moldaram a distribuição geográfica da diversidade. Um dos principais eventos está relacionado às glaciações e períodos de expansões e retrações do domínio durante o Pleistoceno. Esse fenômeno influenciou na modelação da distribuição das espécies, pois, ao influenciar no tempo e no tamanho do fragmento, causou a extinção e recuo de uma amplitude enorme de espécies, enquanto permitia que outras espécies invadissem ou sofressem especiação em regiões recentemente disponíveis. Atualmente esse padrão pode ser visto em refúgios de espécies que permaneceram nesses locais ficando isoladas em ilhas, mesmo depois que a floresta começou a expandir (Miranda-Ribeiro, 1905, 1935; Davis, 1945).

Porém, o maior problema desses estudos reside no fato de eles se concentrarem em grupos animais pertencentes ao hemisfério norte (Badgley *et al.* 2000; Carvajal & Aldler, 2005) e, quando realizados na América do Sul, não contemplarem a Mata Atlântica. Poucos têm objetivado o domínio, e quando o fazem são realizados em escalas espaciais menores (Geise *et al.* 2004; Pardini & Umetsu, 2006; Cáceres, 2010).

Sobre a Mata Atlântica, sabe-se que a origem e história de todos os elementos que a compõe ainda não foram elucidadas satisfatoriamente, mas se aceita que a diversidade ambiental desse domínio pode ser a causa da diversidade de espécies e do alto grau de endemismo que ele apresenta (Silva & Casteleti, 2005). Portanto, essa formação florestal não é homogênea na distribuição e composição de táxons (Müller, 1973; Vivo, 1997). Não se sabe, porém, em níveis espaciais

maiores, de que forma essa heterogeneidade do ambiente pode afetar a distribuição dos pequenos mamíferos.

Dentre as diversas hipóteses sobre quais os processos que possam ter gerado a distribuição das espécies na Mata Atlântica, poucos deles são testados no domínio inteiro. Uma crítica aos padrões atualmente estabelecidos nesse domínio é que eles se baseiam em poucos inventários realizados na Mata Atlântica. Um dos principais problemas desses inventários está no fato de serem esparsos e, quando existem, não estendem sua amostragem para altas áreas altitudinais. Se o fazem, descobrem uma alta ocorrência de espécies endêmicas restritas (e.g., *Akodon mystax*, *Oxymycterus caparaoe*) que geralmente foram negligenciadas pelos esforços dos inventários passados (Bonvicino *et al.* 1997; Hershkovitz, 1998; Geise *et al.* 2004). Segundo Loeb *et al.* (1999), esse é um grande problema, já que as estimativas de riqueza e diversidade de pequenos mamíferos em áreas florestadas são fortemente influenciadas pelos métodos de amostragem. Esses autores afirmam que amostragens restritas ao nível do terreno fornecem informações tendenciosas, uma vez que a contribuição de espécies de hábito arborícola, potencialmente importantes na comunidade, é subestimada. Malcom (1991) destaca que várias espécies de marsupiais e roedores arborícolas são consideradas raras na maioria dos estudos sobre ecologia de pequenos mamíferos, em decorrência de um desenho experimental inadequado, já que muitas dessas espécies são mais abundantes nos estratos superiores das florestas. Logo, os padrões altitudinais encontrados podem ser resultantes de um viés amostral.

Esses esforços mostram que o padrão de variação altitudinal e a heterogeneidade do ambiente como influenciadores na diversidade, abundância e distribuição de espécies ainda é pobremente conhecido para pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica mostrando a necessidade de se testar novas hipóteses.

Para contestar ainda mais a hipótese da altitude como influenciadora na distribuição das espécies, outros estudos afirmam que o padrão altitudinal de efeito do domínio médio é consequência de outros fatores, que não a geografia do

terreno. Alguns autores como: Smith et al. (2007), Wiens et al. (2007) e Li et al. (2009) afirmam que a esse padrão existe pois, a especialização climática e retenção de tolerâncias climáticas ao longo do tempo (ou seja, o conservadorismo de nicho) pode conduzir o efeito-tempo para a especiação no pico de elevação média na riqueza de espécies, limitando a dispersão de linhagens ancestrais que estavam na elevação média para elevações de maior ou menor altitude. Outros autores encontraram em seus estudos diferentes variáveis para explicar a distribuição das espécies, que não incluíam a altitude. McCain (2007) afirma que o frio e disponibilidade de água são os principais fatores que moldam a distribuição geográfica de espécies de morcegos, enquanto que em seu trabalho de (2004) inclui a precipitação e regime de temperatura como influenciador do padrão de distribuição de mamíferos na Costa Rica. Para outros grupos, como anfíbios, a temperatura do solo (Naniwadekar & Vasudevan, 2007) foi importante modelador na sua distribuição geográfica.

Nesse cenário de incertezas, a macroecologia pode atuar como uma abordagem poderosa, na ecologia e biogeografia, ajudando a identificar padrões gerais de diversidade (e.g., Lennon *et al.* 2001; Koleff *et al.* 2003). Na medida em que ela lida com o estudo das relações entre os organismos e seu ambiente em grandes escalas espaciais para caracterizar e explicar os padrões estatísticos de distribuição, abundância e diversidade. Enquanto, ecólogos têm despendido tempo e esforços consideráveis para distinguir entre componentes de diversidade local de espécies, a macroecologia surge, buscando padrões em grandes escalas espaciais, englobando em suas análises uma grande diversidade de espécies existentes dentro da região avaliada (Amori *et al.* 2012).

O objetivo desse trabalho foi investigar e avaliar padrões de distribuição geográfica de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil e a possível influência de variáveis geoclimáticas nos padrões encontrados, usando a abordagem macroecológica. Esse objetivo está apoiado na hipótese de que o padrão de distribuição de espécies na Mata Atlântica, que está presente no país tropical com a mais alta diversidade conhecida e que possui um alto gradiente latitudinal, possa estar relacionada à variáveis geoclimáticas específicas. Tais

variáveis foram responsáveis por fragmentar florestas, isolar as faunas regionais e correlacionar eventos de especiação (Simpson, 1979). Ainda, para a realização do trabalho se utiliza a hipótese de que no Pleistoceno, grandes ciclos glaciais resultaram na formação de refúgios, onde as espécies se diversificaram por vicariância (Haffer 1969; Grazziotin *et al.* 2006; Carnaval & Bates 2007).

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta de dados biológicos - registro da presença de espécimes de pequenos mamíferos não voadores no domínio Mata Atlântica do Brasil foram obtidos em três sites de coleções científicas/museus de vertebrados que disponibilizam registros on-line, sendo eles: MaNIS (<http://www.manisnet.org>), Gbif (<http://www.gbif.org/>) e SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>). A coleta de dados aconteceu entre o período de março e abril de 2012. Para a realização da pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: no portal MaNIS utilizou-se as combinações das palavras Rodentia, Didelphimorphia, Brazil e Brasil; no portal GBIF, utilizou-se as palavras-chaves Rodentia e Didelphimorphia e no SpeciesLink utilizou-se o nome das famílias dos marsupiais e roedores presentes no Brasil, sendo estas: Didelphidae, Caviidae, Cricetidae, Cuniculidae, Dasyproctidae, Erethizontidae, Echimyidae e Myocastoridae.

Definição do Domínio Mata Atlântica - O intervalo geográfico, do que seria considerado como o domínio Mata Atlântica, foi definido pelo conceito fornecido pelo IBGE (2008). Os extremos dessa área geográfica compreendem intervalos de aproximadamente -35°37'48"S e -5°9'3"W no limite norte, -53°24'35"S e 33°49'12"W no limite sul, -20°58'12"S e -21°58'12"W no limite leste e -55°7'48"S, -21°16'12"W, no limite oeste (Figura 1).

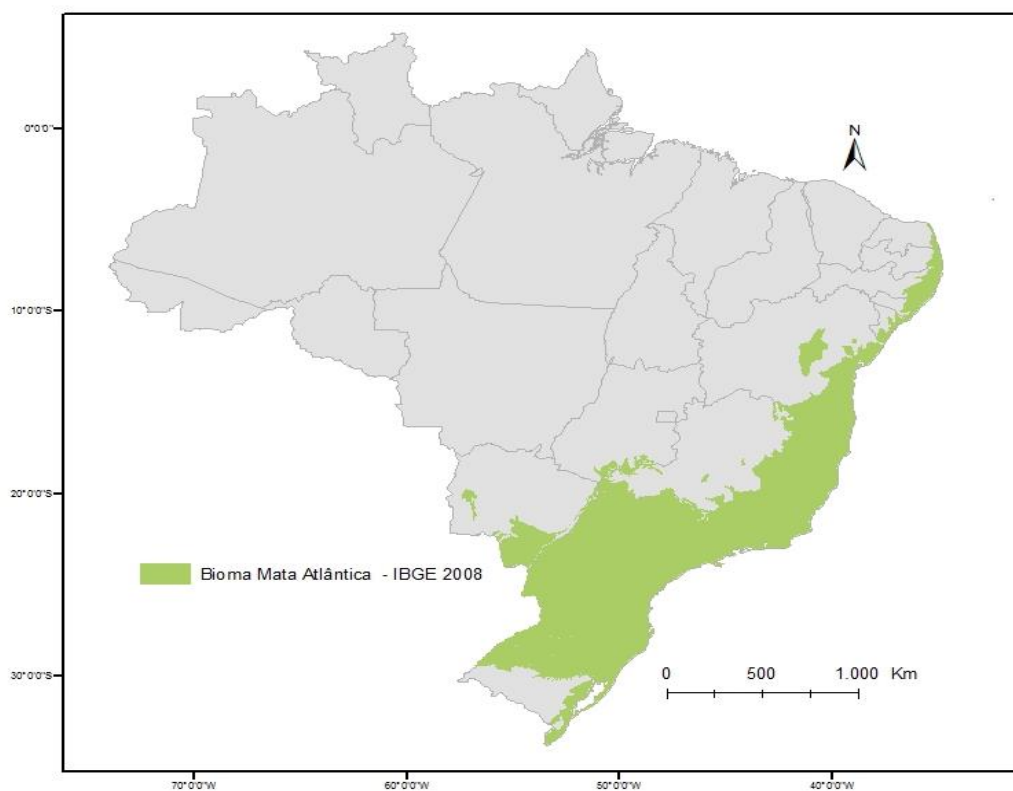


Figura 1 – Área considerada pertencente ao domínio Mata Atlântica no Brasil, segundo o IBGE (2008).

Definição das fitofisionomias presentes no domínio Mata Atlântica - A escolha das fitofisionomias vegetais pertencente ao Domínio Mata Atlântica ocorreu com base no *shape* disponível pelo Fundo Mundial da Natureza, o WWF (2012). Esse *shape* divide todos os domínios mundiais em ecorregiões. Ecorregiões são grandes unidades de terra ou água que contém um conjunto geograficamente distinto de espécies, comunidades naturais e condições ambientais (WWF Brasil, 2012). Para esse trabalho, utilizaram-se apenas as ecorregiões que coincidiam com a definição de Mata Atlântica adotada, ou seja, foram utilizadas aquelas que, ao serem adicionadas a um mapa junto com o *shape* desse domínio, tinham as áreas em concordância. Essas ecorregiões são definidas como: Floresta Atlântica do Alto Paraná, Floresta Úmida de Araucária, Restinga Costeira Atlântica, Floresta Atlântica Seca, Florestas Costeiras da Bahia, Florestas do Interior da Bahia, Enclaves de Floresta Úmida na Caatinga, Campos Rupestres de Savana Montanhosa, Matas de Galeria do Cerrado, Pantanal,

Florestas Costeiras de Pernambuco, Florestas do Interior de Pernambuco, Florestas Costeira da Serra do Mar, Manguezais do Atlântico Sul, Savana do Cone Sul da Mesopotâmia e Savana Uruguaia (Figura 2). É importante ressaltar que, nas duas análises realizadas, só foram selecionadas ecorregiões que possuíam registro de presença de pelo menos quatro espécies/gêneros diferentes, objetivando assim aumentar a confiabilidade dos resultados. Portanto, de acordo com os dados de distribuição de espécies obtidos, foram excluídas as seguintes ecorregiões: Florestas do Interior de Pernambuco, Restinga Costeira Atlântica, Savana Uruguaia, Pantanal e Savana do Cone Sul da Mesopotâmia. Apesar de todas as ecorregiões pertencentes ao domínio Mata Atlântica estarem representadas na figura 2, nos demais mapas optou-se por representar apenas as ecorregiões utilizadas nas análises de dados.

Preparação e revisão do banco de dados biológicos - Todos os registros de dados biológicos obtidos por meio da pesquisa em plataformas de coleções científicas *on-line* foram, inicialmente, reunidos numa planilha única do programa Excel 2007, contendo diversas informações sobre o espécime reportado, como por exemplo, coordenadas geográficas, museu de origem, nome da espécie, local de coleta entre outros.

Nessa planilha realizaram-se vários filtros, com o objetivo de aumentar a confiabilidade dos dados, de acordo com o que se segue.

Num primeiro momento realizou-se um filtro almejando eliminar espécimes que não possuíam coordenadas geográficas de origem ou aquelas que possuíam coordenadas geográficas dúbias. Posteriormente, outro filtro foi realizado removendo registros que não se encontravam nos limites do Brasil, registros que se localizavam em estados brasileiros onde esse domínio é ausente, bem como aqueles registros de espécies conhecida não pertencentes ao domínio Mata Atlântica. Em um segundo momento, todas as coordenadas geográficas resultantes dos filtros foram uniformizadas e transformadas em graus decimais para que se pudessem realizar as etapas seguintes.

Para selecionar apenas os registros de espécimes que estavam presentes no domínio brasileiro de interesse, todos os pontos de presença de espécimes obtidos após os filtros na planilha foram adicionados num mapa do Brasil, juntamente com o *shape* da Mata Atlântica fornecida pelo IBGE (2008). Aqueles registros de espécimes que caíam fora desse *shape* foram excluídos. Esse procedimento foi realizado no programa ArcGis, versão 9.3 (ESRI, 2011). Feito isso, o último passo foi atribuir o nome da sede do município para aqueles espécimes que não tinham essa informação, mas possuíam a coordenada geográfica do local em que foi coletado.

O próximo passo foi separar todos os registros obtidos em uma nova planilha binária de presença e ausência de espécie/gênero por município. Posteriormente, outra planilha binária de presença e ausência de espécie/gênero por ecorregiões brasileiras foi construída, tendo como base as ecorregiões definidas pelo World Wildlife Fund (2012).

Dentre as espécies e gêneros recuperados nas planilhas binárias de presença/ausência, tanto na de municípios como na de ecorregiões, foi realizado um novo filtro, para identificar e excluir das análises as espécies/gêneros que possuíam poucos pontos de registro ou de taxonomia incerta. Para a seleção das espécies/gêneros de interesse, utilizou-se a “Lista Anotada de mamíferos do Brasil” (Paglia *et al.* 2012) e o “Guia de roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos” (Bonvicino *et al.* 2008), além de várias publicações sobre sistemática e distribuição de espécies (Weksler *et al.* 2006, Weksler & Percequillo, 2011). Para as categorias espécie e gênero, foram considerados com poucos registros aqueles que tinham menos de quatro pontos de ocorrência. Novamente houve a adição dos pontos das espécies/gêneros resultantes no *shape* que representava o domínio e correção ou exclusão de *outliers*.

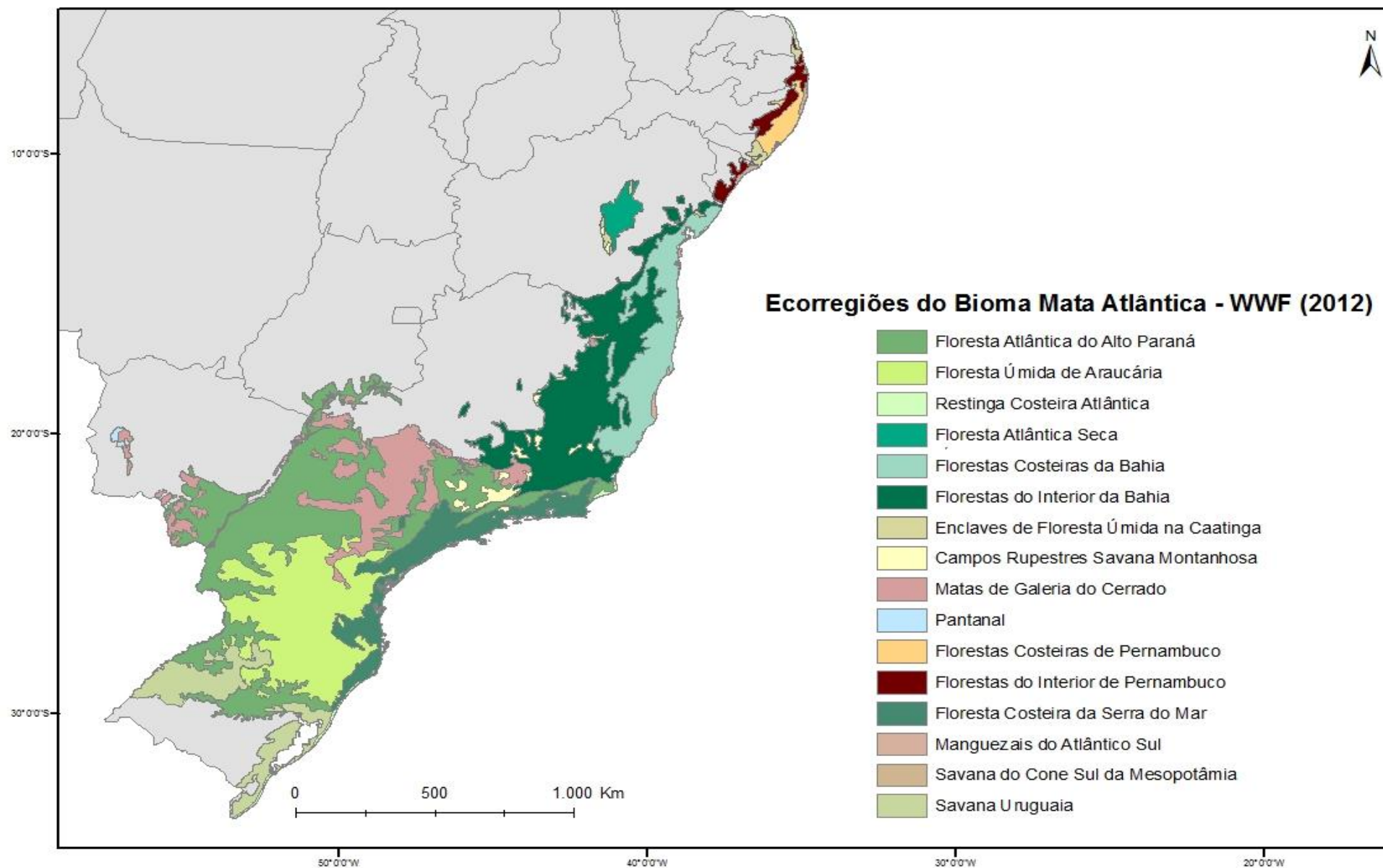


Figura 2 - Ecorregiões pertencentes ao domínio Mata Atlântica no Brasil, segundo o *shape* do WWF (2012)

Obtenção de variáveis ambientais - Para cada registro confiável dos espécimes obtidos durante o levantamento de dados biológicos, utilizou-se as informações de posição geográfica, a latitude e longitude, do município onde ele foi reportado e, por meio destas, obteve-se as informações das variáveis ambientais para cada ponto de coleta. Essas informações foram retiradas da plataforma *on-line* World Clim (Hijmans, 2012), utilizando um *grid* de cinco quilômetros de extensão. Os valores de cada camada ambiental, para cada registro, foram extraídos no software R, versão 1.15.1, tanto para a base de dados de espécies como para gênero. As variáveis ambientais utilizadas foram: a temperatura média anual, média da faixa diurna de temperatura, isotermalidade, sazonalidade da temperatura, temperatura máxima do mês mais quente, temperatura mínima do mês mais frio, faixa de temperatura anual, média da temperatura do quadrimestre mais úmido, média da temperatura do quadrimestre mais seco, média da temperatura do quadrimestre mais quente, média da temperatura do quadrimestre mais frio, precipitação anual, precipitação do mês mais úmido, precipitação do mês mais seco, sazonalidade da precipitação, precipitação do quadrimestre mais úmido, precipitação do quadrimestre mais seco, precipitação do quadrimestre mais quente e precipitação do quadrimestre mais frio, além de informações sobre a altitude e inclinação do terreno de cada ponto.

Análise dos dados — Inicialmente realizou-se uma análise de componentes principais (PCA) no programa R 1.15.1 para escolher, dentre as 21 variáveis selecionadas acima relacionadas, quais eram altamente correlacionadas ou menos correlacionadas entre si. Esse passo foi importante para escolher quais variáveis seriam utilizadas no próximo teste, o Mantel. Ao final foram escolhidas 10 variáveis para a categoria de gênero e 10 variáveis para a categoria de espécie. Sendo cinco variáveis que eram mais aderidas aos eixos escolhidos e cinco variáveis que estavam menos aderidas ao eixo escolhido. Essas últimas foram selecionadas para validar o teste de Mantel.

Com o objetivo de saber se variáveis ambientais tinham influencia ou não na distribuição de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil,

utilizamos o teste de Mantel. Um teste foi realizado para cada variável climática selecionada em relação a cada espécie/gênero. Uma planilha binária de influência da variável na distribuição geográfica dos pequenos mamíferos foi formulada, uma a nível taxonômico de espécie e outra, a nível taxonômico de gênero.

A escolha de espécies/gêneros para a realização do teste de Mantel se baseou em algumas características: só foram considerados como confiáveis para a execução do teste as espécies endêmicas de Mata Atlântica e com taxonomia mais aceita na literatura. Ainda, foram utilizadas só as espécies/gêneros com pelo menos quatro pontos de ocorrência, totalizando um teste com 22 espécies das 91 disponíveis e 42 gêneros dos 50 disponíveis. O Mantel foi realizado para saber se as variáveis escolhidas afetavam ou não a distribuição dos pequenos mamíferos na Mata Atlântica do Brasil. Quando a variável influenciava a distribuição, atribuía-se a ela o valor de número 1, quando não influenciava, atribuía-se o valor 0.

Uma terceira análise estatística realizada foi o índice de similaridade de Jaccard. Esse índice foi utilizado com dois objetivos. No primeiro, utilizando a planilha binária de presença e ausência de espécie/gênero por ecorregião, objetivava-se saber quais ecorregiões eram similares em relação à presença das mesmas espécies. No segundo, por meio da planilha binária de variável ambiental que influencia ou não na distribuição das espécies/gêneros analisados, almejava-se saber quais espécies/gêneros tinham as mesmas variáveis ambientais interferindo na sua distribuição. Todos os testes de similaridades de áreas foram realizados no programa Past (Hammer, 2001)

Um último teste utilizado foi o de proporcionalidade, também no programa R.1.15.1. Ele foi realizado com dois objetivos, o primeiro era saber se há alguma diferença no quanto uma variável interfere na distribuição dos pequenos mamíferos em relação ao conjunto de todas as variáveis analisadas; o segundo foi saber se as variáveis que mais influenciavam na distribuição, tanto de espécie, quanto para gênero, possuíam diferença significativa entre elas.

Como última etapa, dois mapas foram produzidos reportando os pontos dos municípios utilizados no presente trabalho, um em nível taxonômico de gênero e outro em nível taxonômico de espécie.

RESULTADOS

Ao todo foram obtidos através das pesquisas em banco de dados de coleções científicas 75.312 registros de ocorrência de espécimes de pequenos mamíferos não voadores da Mata Atlântica do Brasil, distribuídas em 42 museus do Brasil e outros países. À exceção de pequenos mamíferos, foi utilizado também o roedor *Hydrochoerus hydrochaeris* na análise dos dados. Após a avaliação dos dados, através de filtros realizados, da separação destes nas planilhas binárias de presença e ausência de espécie/gênero por município e ecorregião, e posterior conferência taxonômica dos dados recuperados, obteve-se uma planilha final com 7.570 registros de ocorrência de espécimes, pertencentes a 91 espécies, das 92 presentes na Mata Atlântica (Fonseca *et al.* 1996) e 49 gêneros de pequenos mamíferos, e uma espécie e um gênero de mamíferos maiores, distribuídos em 181 municípios e 11 ecorregiões. A distribuição dos pontos de ocorrência, por município, de gênero e espécie podem ser observados na figura 3 e 4, respectivamente.

Quando os pontos, tanto os relativos à espécies como aos de gênero, foram adicionados em um mapa do Brasil, tendo o *shape* da Mata Atlântica e de ecorregiões sobrepostos, pode-se observar uma maior concentração de pontos de distribuição em duas ecorregiões: Floresta Costeira da Bahia e Floresta Costeira da Serra do Mar. Os outros pontos encontraram-se dispersos em outras ecorregiões.

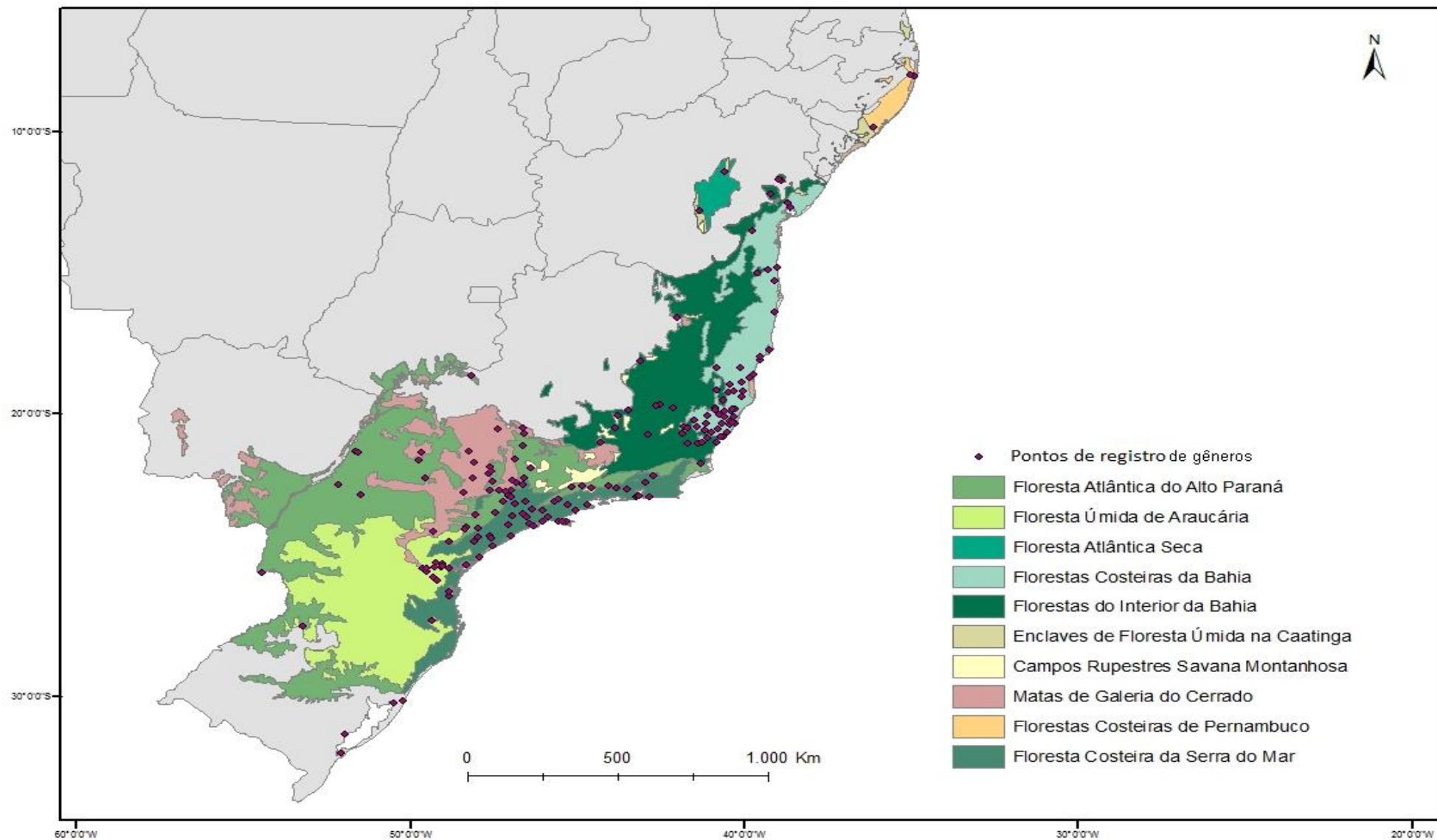


Figura 3 - Pontos de registro de gêneros de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. Os gêneros utilizados foram aqueles obtidos após a análise de dados. Nota-se uma maior concentração de pontos na Floresta Costeira da Serra do Mar e Floresta Costeira da Bahia, regiões de floresta ombrófila densa.

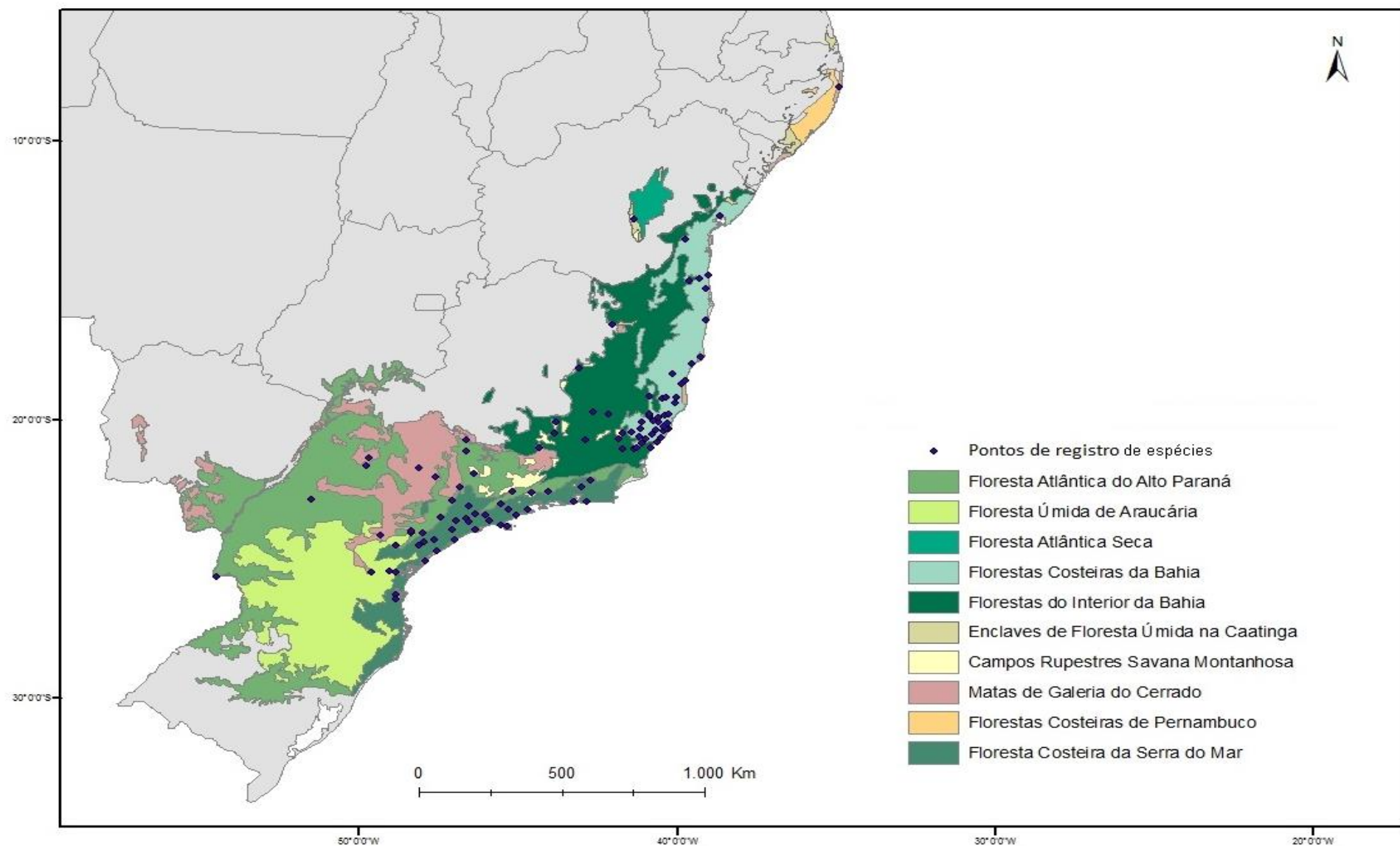


Figura 4 - Pontos de registro de espécies de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. As espécies utilizadas foram aquelas obtidos após a análise dos dados. Nota-se uma maior concentração de pontos na Floresta Costeira da Serra do Mar e Floresta Costeira da Bahia, regiões de floresta ombrófila densa.

A análise de componentes principais (PCA), quando realizada para o nível taxonômico de gênero, revelou que cinco componentes explicavam melhor o conjunto de dados, como pode ser observado na figura 5.

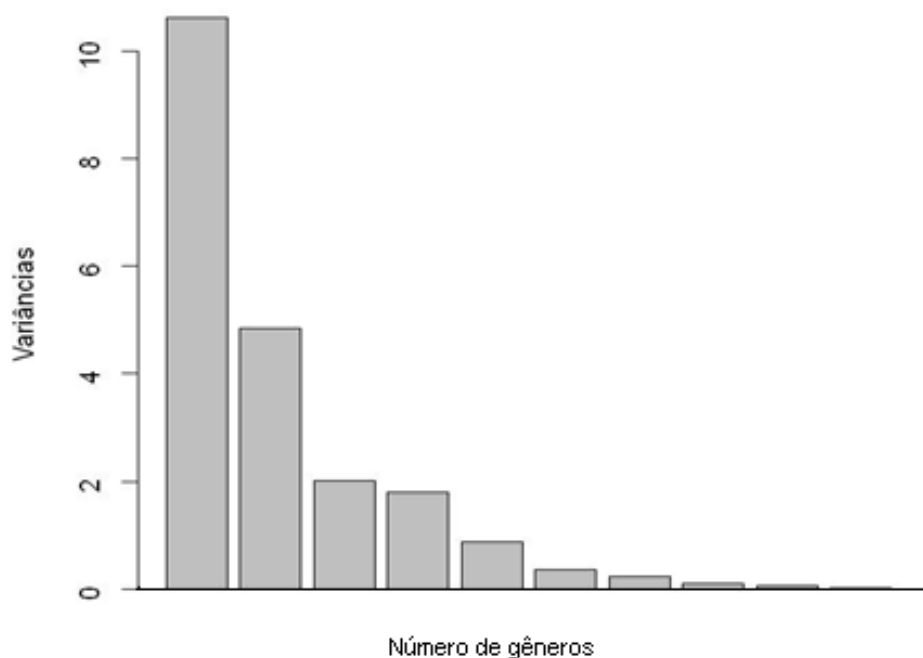


Figura 5 - Análise de componentes principais relacionados ao conjunto de dados ao nível taxonômico de gêneros. Eixos que apresentam valores acima de 1 correspondem aos eixos selecionados para a análise dos dados

As variáveis mais aderidas a cada um dos cinco eixos selecionados foram: média da temperatura do quadrimestre mais frio (Bio 11), precipitação do mês mais seco (Bio 14), temperatura máxima do mês mais quente (Bio 5), precipitação do quadrimestre mais úmido (Bio 16) e inclinação do terreno (Bio slope). As variáveis menos aderidas foram: precipitação do quadrimestre mais seco (Bio 17), média da temperatura do quadrimestre mais seco (Bio 9), temperatura mínima do mês mais frio (Bio 6), média da temperatura do quadrimestre mais úmido (Bio 8) e temperatura média anual (Bio 1).

A análise de componentes principais (PCA), quando realizada para o nível taxonômico de espécie, revelou que cinco componentes explicavam melhor o conjunto de dados, como pode ser observado na figura 6.

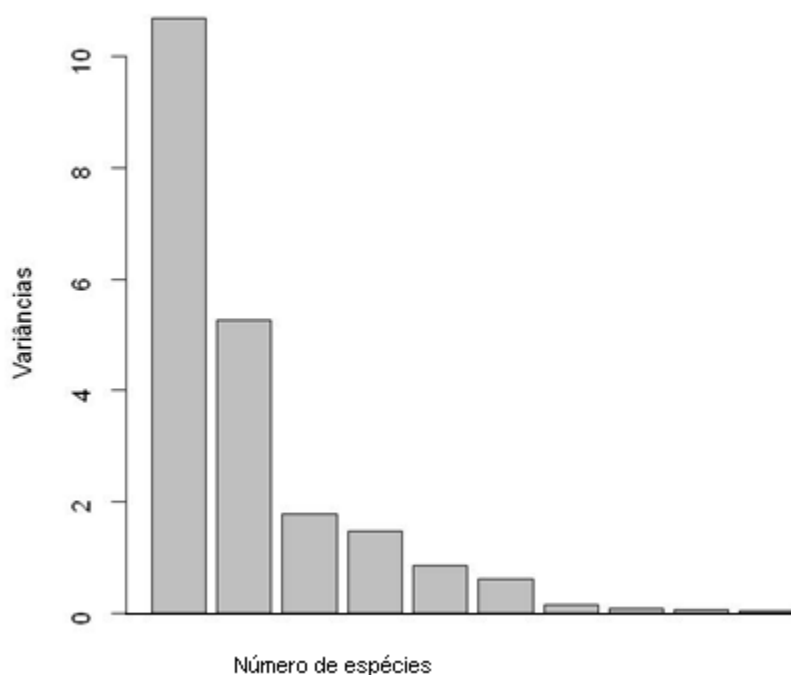


Figura 6 – Análise de componentes principais relacionados ao conjunto de dados ao nível taxonômico de espécie. Eixos que apresentam valores acima de 1 correspondem aos eixos selecionados para a análise dos dados

Nesses cinco componentes foram selecionadas as variáveis que se encontravam mais aderidas ao eixo e que, portanto, melhor descrevem o conjunto de dados. São elas: sazonalidade da temperatura (Bio4), altitude (Bio dem), precipitação anual (Bio12), inclinação do terreno (Bio slope) e precipitação do quadrimestre mais frio (Bio 19). Optou-se também por escolher as variáveis menos correlacionadas entre si, com o objetivo de analisar a confiabilidade do teste de Mantel. As variáveis menos aderidas ao eixo foram: precipitação do mês mais seco (Bio14), Isotermalidade (Bio 3), média da temperatura do quadrimestre mais frio (Bio 11), precipitação do quadrimestre mais quente (Bio 18) e média da temperatura do quadrimestre mais seco (Bio 9).

As árvores de influência de variáveis ambientais atuando na distribuição de gênero e espécie estão representadas pelas figuras 7 e 8, respectivamente.

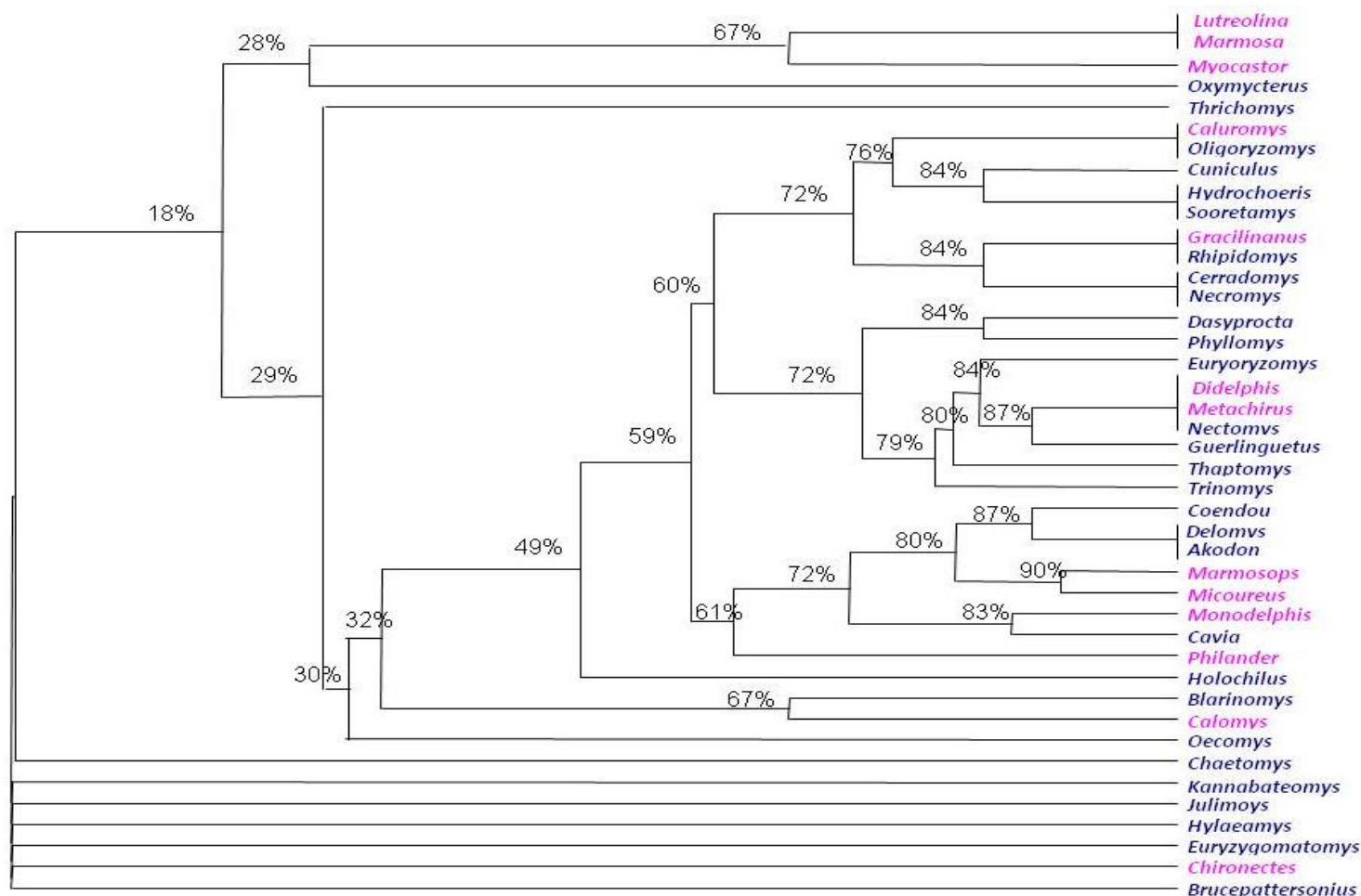


Figura 7 - Análise de similaridade de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica de gêneros selecionados de pequenos mamíferos na Mata Atlântica no Brasil. Em rosa, estão marcados os táxons pertencentes à ordem Didelphimorphia e em azul, àqueles que representam a ordem Rodentia. Os valores representam a similaridade em relação às variáveis que formaram aquele agrupamento.

Quando analisamos o *cluster* gerado pela análise de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica de gênero (Figura 7) nota-se uma politomia muito grande formada pelos gêneros *Chaetomys*, *Kannabateomys*, *Julimys*, *Hylaeamys*, *Euryzygomatomys*, *Chironectes* e *Brucepattersonius*. Destes sete

gêneros, quatro são monotípicos. Essas espécies têm em comum o fato de apresentarem nenhuma das variáveis ambientais utilizadas influenciando a sua distribuição geográfica.

Posteriormente, forma-se uma divisão de dois grupos que apresentam apenas 18% em similaridades quanto às variáveis que influenciam sua distribuição. Um grupo é formado por dois marsupiais (*Lutreolina* e *Marmosa*) e um roedor (*Myocastor*), associado à um outro roedor (*Oxymycterus*). O outro grande grupo reúne o restante dos gêneros analisados. Dentro desse grupo nota-se que sete grupos reúnem-se com valores de 100% de similaridade, ou seja, todos eles compartilham exatamente o mesmo grupo de variáveis que afetam a sua distribuição ao longo da Mata Atlântica do Brasil. No entanto, não há uma associação taxonômica óbvia, bem como não há uma associação dos hábitos relacionados a variáveis comuns a todos eles.

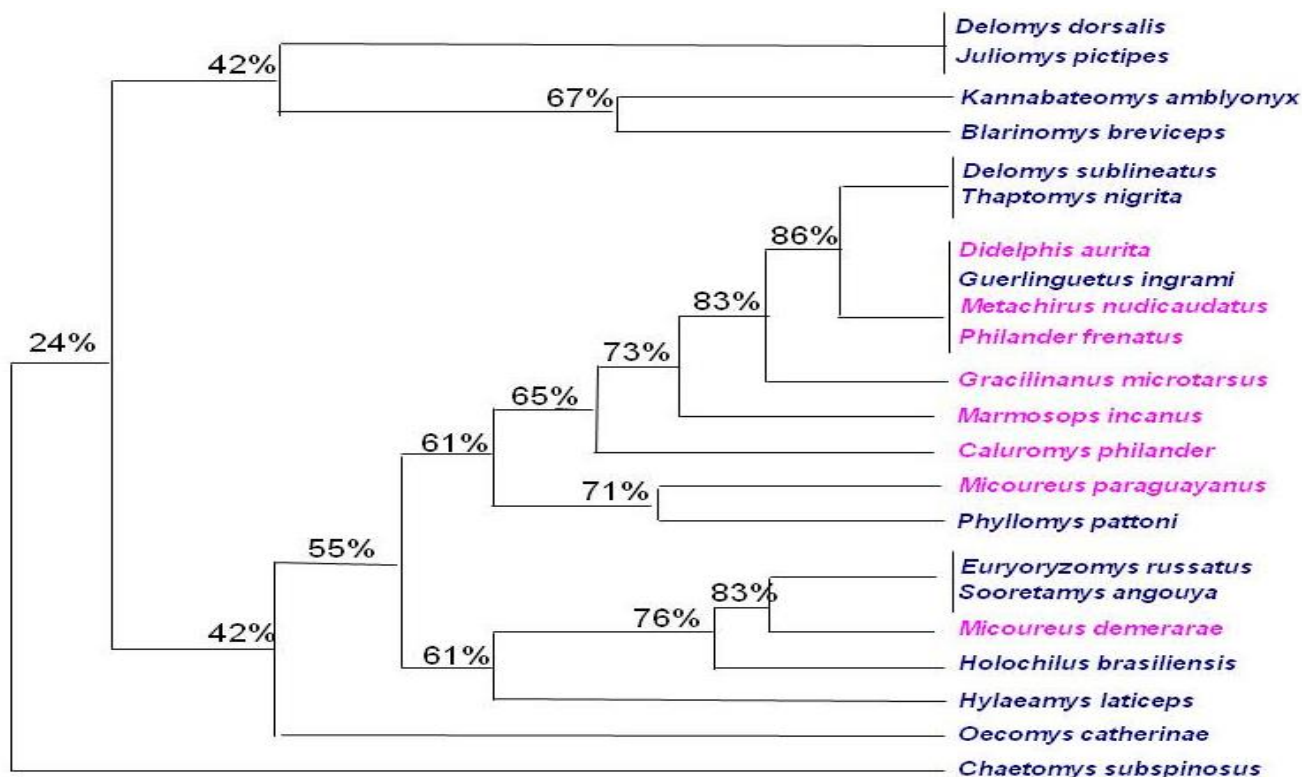


Figura 8- Análise de similaridade de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica de espécies selecionadas de pequenos mamíferos na Mata Atlântica no Brasil. Em rosa, estão marcados os táxons pertencentes à

ordem *Didelphimorphia* e em azul, àqueles que representam a ordem *Rodentia*. Os valores representam a similaridade em relação às variáveis que formaram aquele agrupamento.

A análise de similaridade de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica no nível taxonômico de espécie revelou o seguinte padrão: *Chaetomys subspinosus* se difere das demais não apresentando nenhuma similaridade com as demais espécies em relação às variáveis ambientais que influenciam a sua distribuição na Mata Atlântica do Brasil. Posteriormente, há a separação do grupo em dois ramos, com 24% de similaridade: um que sustenta apenas alguns roedores (*Delomys dorsalis*, *Juliomys picitpes*, *Kannabateomys amblyonyx* e *Blarinomys breviceps*) e outro que sustenta todas as outras espécies analisadas. Nesse último, podemos notar a divergência de *Oecomys catherinae* dos demais, com 42% de similaridades em relação ao conjunto de variáveis atuante na distribuição das espécies. As demais espécies analisadas apresentam em comum 55% de similaridade em reação ao conjunto de variáveis que influencia a sua distribuição geográfica. Nesse grupo, há um ramo que sustenta majoritariamente todos os marsupiais (ressaltados em azul), com exceção de *Micoureus demerarae*, e mais três outros roedores (*Delomys sublineatus*, *Thaptomys nigrita* e *Guerlinguetus ingrami*). O outro ramo sustenta todos os outros roedores ainda não citados, bem como *Micoureus demerarae*. Cada um apresentando nível de similaridade igual a 61%. Nota-se ainda que quatro grupos se reuniram com 100% de similaridade em relação as variáveis que mais influenciam na sua distribuição. Dentre eles, três formam agrupamentos com apenas uma ordem, enquanto que no grupo formado por *Didelphis aurita*, *Guerlinguetus ingrami*, *Metachirus nudicaudatus* e *Philander frenatus* há uma combinação entre roedores e marsupiais.

Com a planilha de influência da variável na distribuição de pequenos mamíferos, geradas pelo teste de mantel, realizou-se um levantamento daquelas que mais se repetiam entre as espécies/gêneros de pequenos mamíferos não voadores da Mata Atlântica do Brasil analisados. Os resultados, tanto de gênero, como de espécie estão mostrados nas figuras 9 e 10, respectivamente. A partir do

resultado desse levantamento foram realizados testes de proporções com o objetivo de saber a significância dessas influencias na distribuição geográfica dos gêneros/espécies analisadas. Ou seja, desejava-se saber se, dentro do conjunto de dados, uma variável ambiental exercia mais influencia na distribuição de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil em relação às demais.

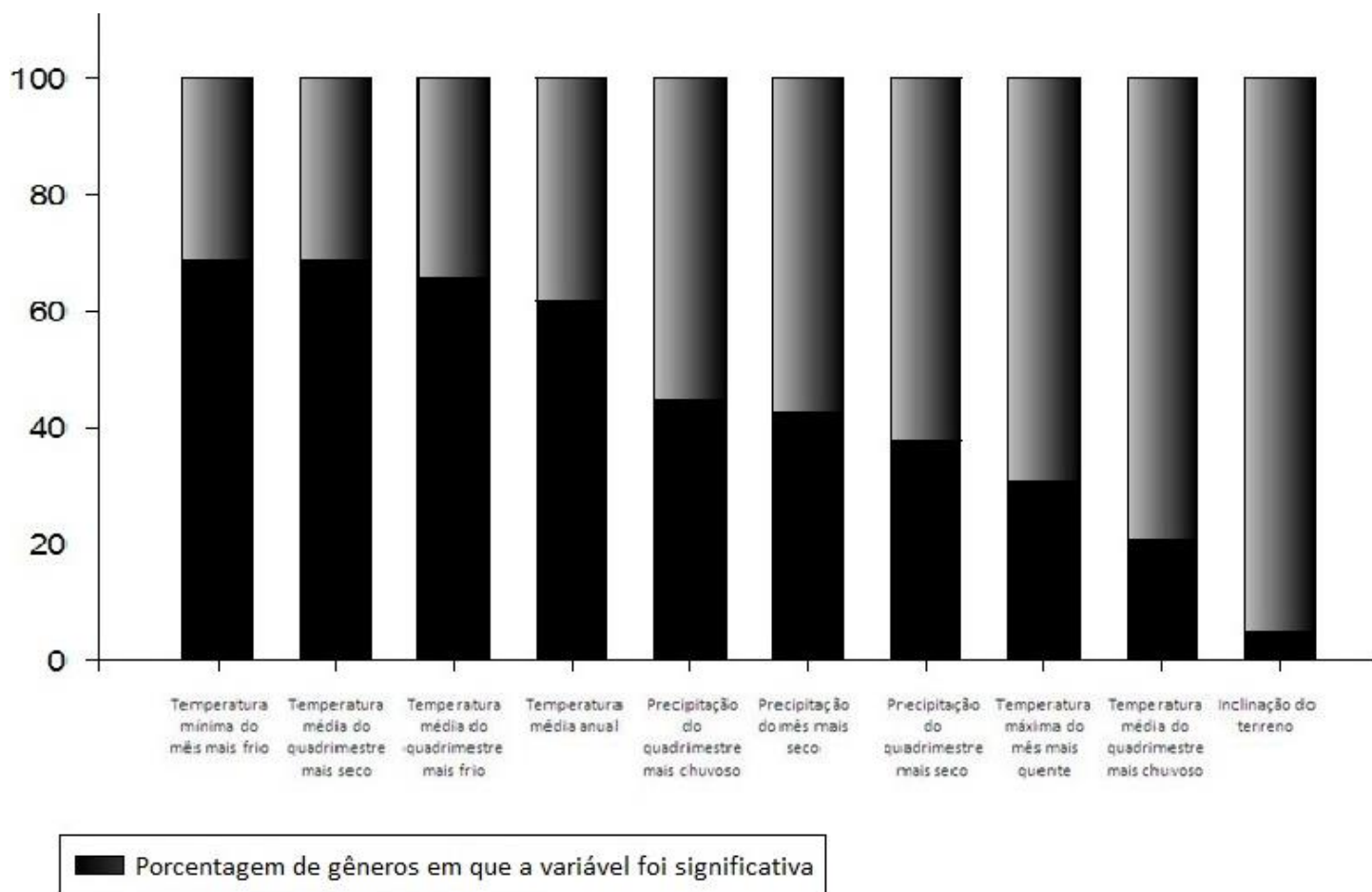


Figura 9 – Proporção de variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica no nível taxonômico de gêneros de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil analisadas. Nota-se que a temperatura mínima do mês mais frio e temperatura média do quadrimestre mais seco foram as variáveis que apareceram como maiores influenciadoras no conjunto total de gêneros, bem como a temperatura do quadrimestre mais frio e temperatura média anual. Porém, não há diferença significativa em

relação às demais. A altitude, variável tradicionalmente estudada, não foi selecionada para essa análise por não se apresentar aderida à nenhum eixo no teste de PCA.

Quando o nível taxonômico analisado foi o gênero, observou-se uma maior uniformidade na importância relativa das variáveis na determinação da distribuição dos gêneros, sendo que as variáveis que mais se repetem como principais influenciadoras nos gêneros analisados foram: a temperatura mínima do mês mais frio e a temperatura média do quadrimestre mais seco, aparecendo em 29 dos 42 gêneros analisados; a temperatura média do quadrimestre mais frio, aparecendo em 28 dos 42 gêneros analisados e por último, a temperatura média anual, aparecendo em 26 dos 42 gêneros analisados.

Ao se realizar o teste de proporcionalidade, obtivemos um p-valor significativo (0.000000000003007) dentro do conjunto de variáveis que influenciam a distribuição dos gêneros. Ou seja, dentre as 10 variáveis analisadas, há uma diferença na importância no quanto cada uma interfere na distribuição do gênero. Porém, quando foram analisadas par a par, observamos que as quatro primeiras variáveis interferem da mesma forma na distribuição das espécies com p-valor acima de 0.06. No entanto, a partir da precipitação do quadrimestre mais chuvoso, obtivemos um p-valor igual a 0.04722 indicando que, quando comparado com as quatro primeiras variáveis, a precipitação do quadrimestre mais chuvoso, atua de forma diferente e com menor importância na distribuição dos gêneros de pequenos mamíferos não voadores. Essa afirmação também é válida para todas as outras cinco variáveis não citadas até agora, apresentadas na figura 9.

Quando o nível taxonômico analisado foi a espécie (Figura 10), observou-se que quatro dentre as 21 variáveis analisadas eram significativas na distribuição das espécies, sendo elas: a sazonalidade da temperatura, aparecendo em 21 das 22 espécies; seguida pela isothermalidade e temperatura média do quadrimestre mais seco em 16 das 22 espécies, e pela precipitação do quadrimestre mais quente e temperatura média do quadrimestre mais frio em 15 das 22 espécies. O teste de proporcionalidade indicou que, no conjunto das 10 variáveis utilizadas, havia diferença significativa (p-valor = 0.0000000003569) no quanto cada uma

interferiu na distribuição das espécies. Porém quando analisados par-a-par obteve-se que as cinco primeiras variáveis não diferem em relação ao quanto afetam a distribuição das espécies, ou seja, todas exercem a mesma influência. Tal fato é confirmado pelo p-valor maior de 0.9 nas análises par a par. A partir da sexta variável (precipitação do quadrimestre mais frio), há uma diferença na forma como essas influenciam a distribuição das espécies, quando comparadas com as cinco primeiras. Esse fato é confirmado pela significância do (p-valor = 0.0003703), ou seja, as 5 primeiras variáveis influenciam da mesma forma e de maneira mais eficiente na distribuição geográfica das espécies de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica, quando comparada com às demais variáveis utilizadas.

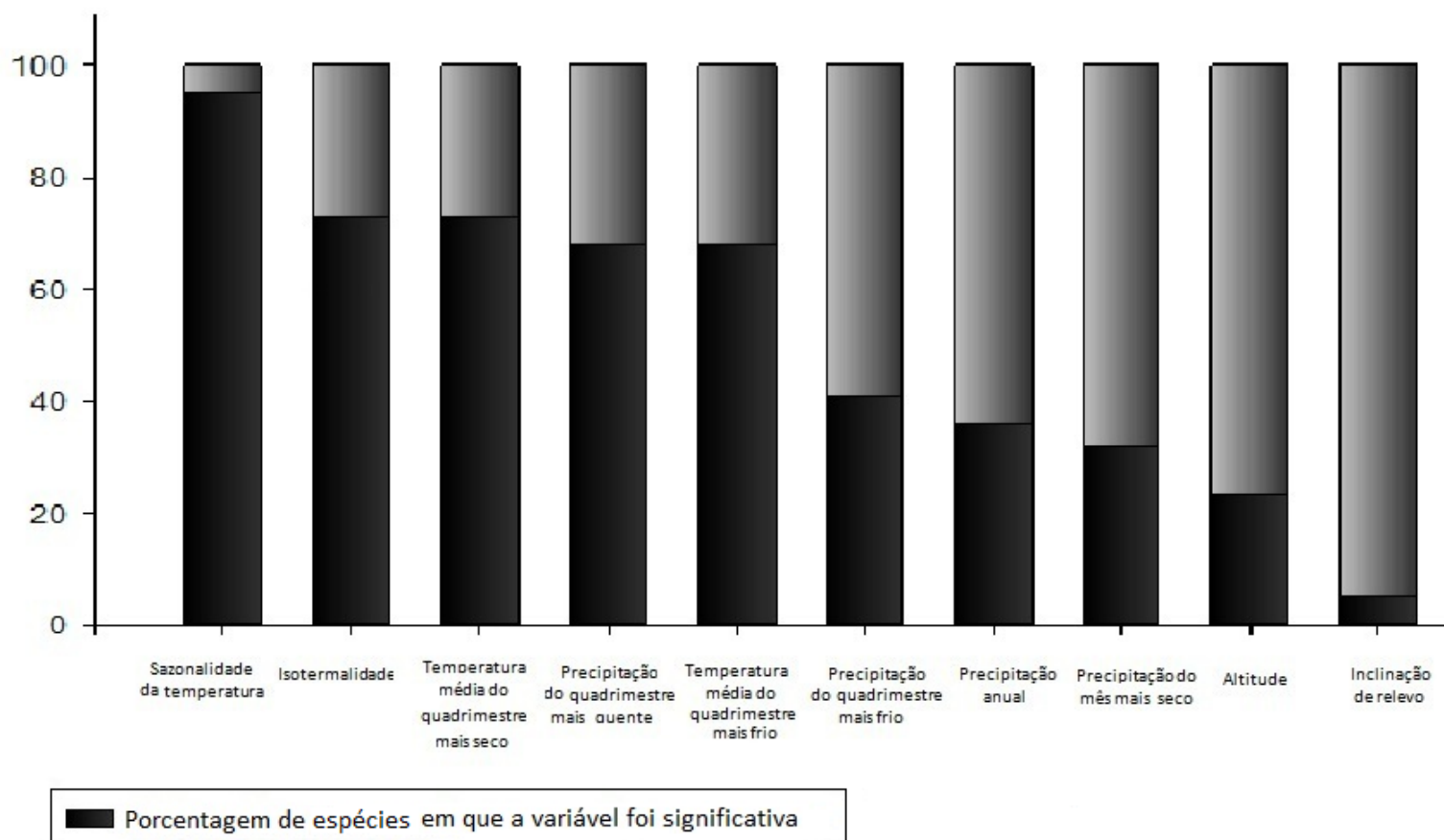


Figura 10 - Influencia que uma variável exerce na distribuição geográfica de espécies de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil analisadas. Nota-se que a sazonalidade da temperatura e a isotermalidade

foram as variáveis que apareceram como maiores influenciadoras no conjunto total de espécies, aparecendo em 95% das 22 espécies analisadas. A altitude, tradicionalmente apontada como principal variável ambiental como modeladora da distribuição das espécies, apareceu sem nenhum suporte estatístico nas análises.

Para a realização da análise de similaridade de Jaccard por ecorregião, usou-se a planilha binária de presença e ausência de espécie e gêneros por ecorregiões da Mata Atlântica brasileira. Como resultado dessa análise, duas árvores foram obtidas agrupando as ecorregiões que possuíam composição biótica semelhante em relação aos gêneros/espécies que continham registro de presença nela. As figuras 11 e 12 representam as árvores obtidas em relação a gênero e espécies, respectivamente.

Na análise de similaridade de Jaccard, em relação ao nível taxonômico de gênero e espécies (Figura 11 e 12), recuperaram-se dois grupos distintos e uma dissimilaridade em relação às ecorregiões denominadas Enclaves de Floresta Úmida na Caatinga e Campos Rupestres de Savana Montanhosa.

Um dos grupos recuperado nas duas análises foi o grupo de Florestas Tropicais Úmidas e Folhosas, que engloba as seguintes ecorregiões: Floresta do Interior da Bahia, Floresta Costeira da Bahia, Floresta Costeira da Serra do Mar e Floresta Atlântica do Alto Paraná. Em relação ao nível taxonômico de gênero (Figura 11), esse grupo apresenta 64% em semelhança à composição dos gêneros analisados, enquanto que em relação às espécies (Figura 12), essa semelhança na composição chegou a 42%.

No *cluster* de gênero, o outro grupo recuperado foi formado pelas seguintes ecorregiões: Florestas Úmidas de Araucária e Florestas Costeiras de Pernambuco, com 45% de similaridade em relação à composição de gêneros. Enquanto no *cluster* referente às espécies, o segundo grupo recuperado foi formado pela Floresta Costeira de Pernambuco e Floresta Atlântica Seca, com 20% em relação à composição das espécies analisadas.

Nas duas análises, as ecorregiões de Enclaves de Florestas Úmidas na Caatinga e Campos Rupestres de Savana Montanhosa se mostraram como mais

basais por conta da enorme diferença na composição de gêneros e espécies de pequenos mamíferos não voadores que possui, em relação às demais ecorregiões.

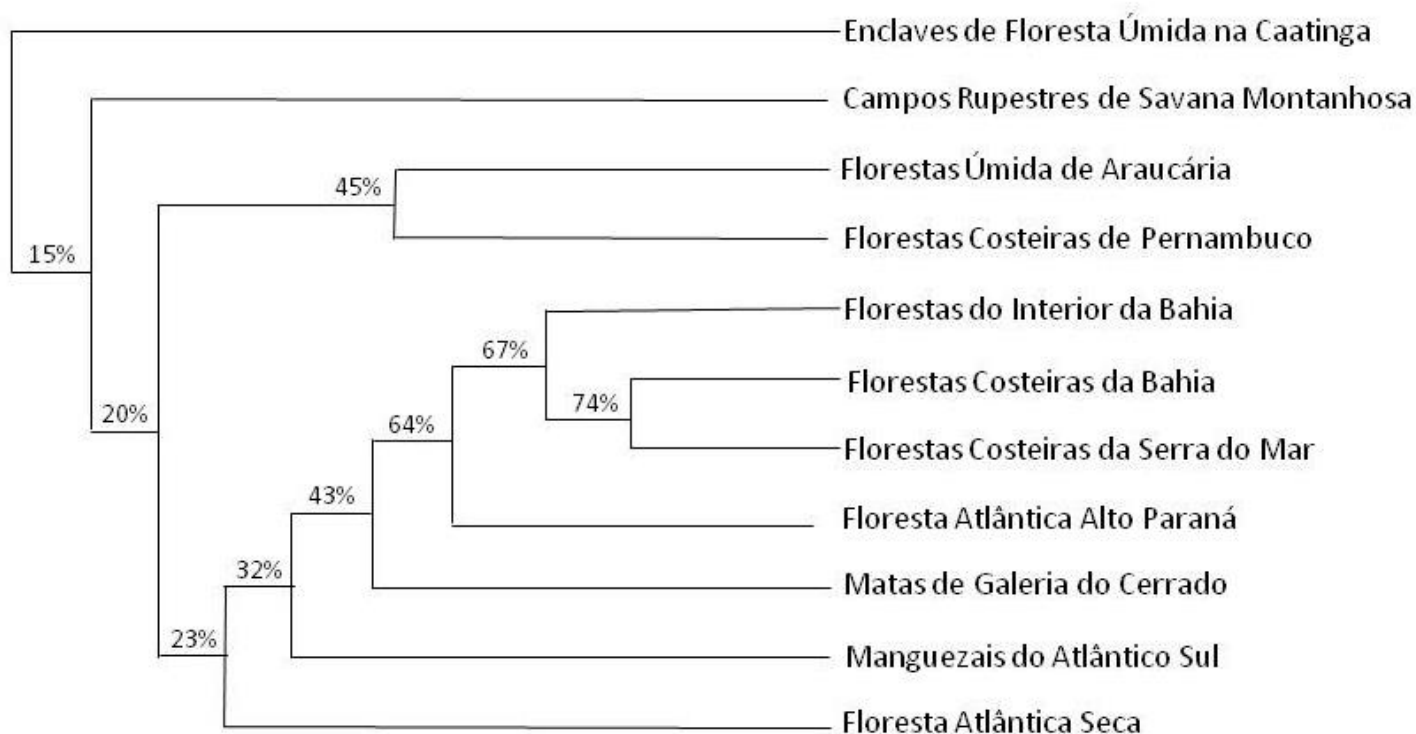


Figura 11 – Índice de similaridade de Jaccard em relação ao conjunto de dados ao nível taxonômico gênero de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. Os valores indicam o quanto cada grupo se reuniu por possuir a composição de gêneros semelhantes. Nota-se a formação de um grupo de florestas úmidas suportado por 64% de similaridade em relação a composição de gêneros.

Em relação ao gênero, houve uma grande separação em dois grupos e dois *outliers*. O primeiro e maior grupo é formado por florestas essencialmente úmidas, com exceção de uma única ecorregião, a Floresta Atlântica Seca, que apresenta baixo índice de similaridade com os demais. Esse grupo é composto pelas seguintes ecorregiões: Floresta do Interior da Bahia, Florestas Costeiras da Bahia,

Florestas Costeiras da Serra do Mar, Floresta Atlântica do Alto Paraná, além de Matas de Galerias do Cerrado, Manguezais do Atlântico Sul e Floresta Atlântica Seca. O segundo grupo é formado por ecorregiões com características ambientais únicas como: a Floresta Úmida de Araucária e Floresta Costeira de Pernambuco. Esse grupo apresenta 45% de semelhança em relação aos gêneros que apresentam. Os *outliers* foram formados por ecorregiões que são fitofisionomicamente bem discrepantes em relação às demais ecorregiões analisadas, sendo elas os Enclaves de Floresta Úmida na Caatinga e Campos Rupestres de Savana Montanhosa.

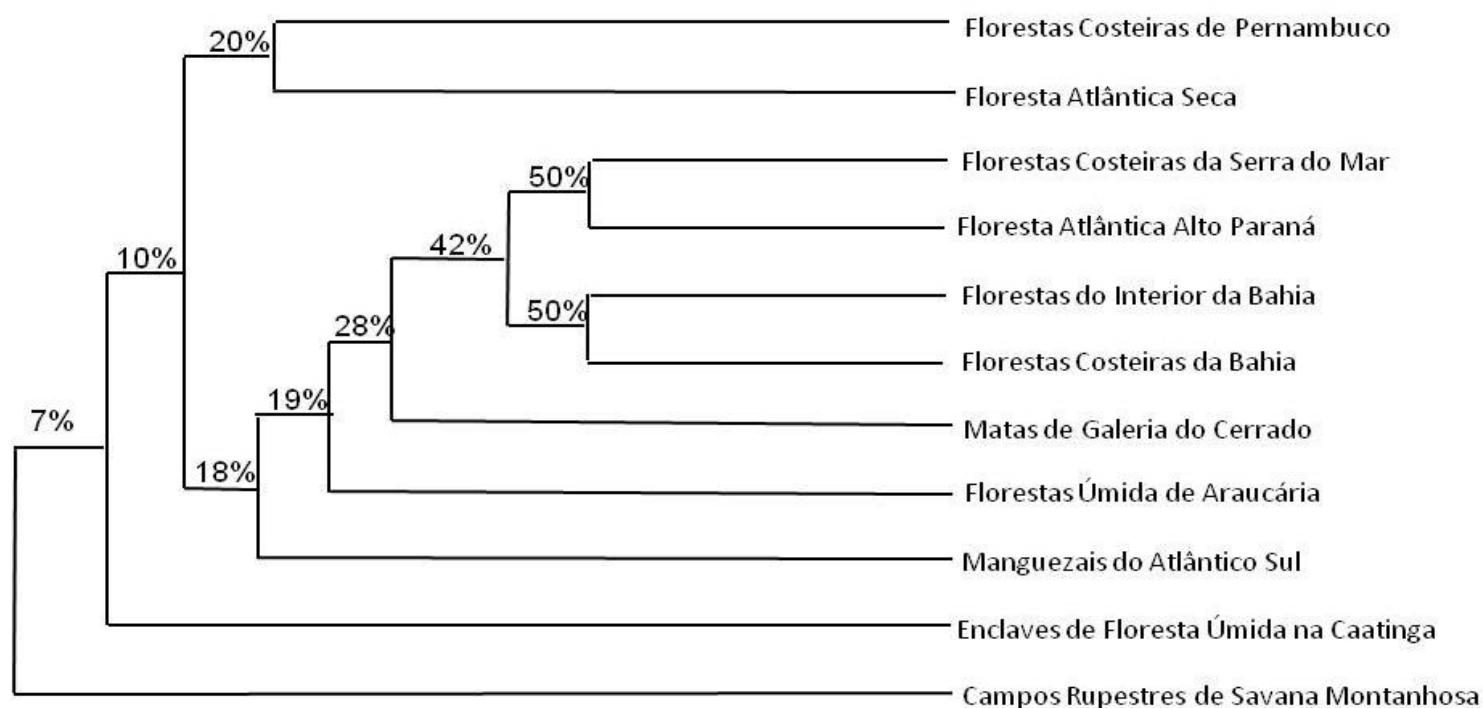


Figura 12 – Índice de similaridade de Jaccard em relação ao conjunto de dados ao nível taxonômico de espécie de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil. Os valores indicam o quanto cada grupo se reuniu por possuir a composição semelhante de espécies. Nota-se a formação de um grupo de florestas úmidas suportado por 42% de similaridade em relação a composição de espécies.

Em relação ao índice de Jaccard realizado com o conjunto de dados a nível taxonômico de espécies, também houve uma grande separação em dois grupos e dois *outliers* grupos. Um grupo foi formado por ecorregiões localizadas mais ao norte da Mata Atlântica, composta pelas seguintes ecorregiões: Floresta Costeira de Pernambuco e Floresta Atlântica Seca. Um segundo grande grupo foi formado por ecorregiões localizadas mais ao sudeste e sul da Mata Atlântica. Esse grupo é formado pelas seguintes ecorregiões: Floresta do Interior da Bahia, Floresta Costeira da Bahia, Floresta Costeira da Serra do Mar, Floresta Atlântica do Alto Paraná, além de Matas de Galerias do Cerrado e Manguezais do Atlântico sul. Ambos com índice semelhante de similaridade, por volta de 20%. Os *outliers* foram novamente formado pelos Enclaves de Floresta Úmida na Caatinga e pelos Campos Rupestres de Savana Montanhosa.

Uma diferença entre as análises de gênero e espécie foi a posição da Floresta Atlântica Seca e da Floresta Úmida de Araucária que se alternaram na associação com a Floresta Seca de Pernambuco.

DISCUSSÃO

Distribuição de pontos de ocorrência - A Mata Atlântica é definida como um domínio que se estende desde as latitudes tropicais dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, na costa Nordeste do Brasil até as latitudes subtropicais com clima estacional no estado do Rio Grande do Sul. Estende-se do Oceano Atlântico para o interior, em direção a oeste, passando pelas montanhas costeiras do Brasil até a bacia do Rio Paraná, no Leste do Paraguai e na Província de Misiones, na Argentina. Por conta da sua heterogeneidade de hábitat existem diferentes combinações de temperatura, altitude, solos, precipitação e distância do oceano ao longo de sua extensão latitudinal, que criam condições para a ocorrência de grupos únicos de espécies em áreas específicas da Mata Atlântica, fazendo com que a distribuição da diversidade de espécies não seja homogênea (Scaramuzza *et al.* 2011).

Nesse trabalho, a definição do que seria considerado o domínio Mata Atlântica baseou-se em *shapes* do IBGE (2008), pois esse teve como principal base de dados pontos de ocorrência secundários e sua distribuição geográfica. A escolha de se trabalhar com ecorregiões definidas pelo WWF se deu pelo mesmo motivo. O uso de ecorregiões objetivou a análise dos dados de forma mais natural possível e não de forma geopolítica, já que esse domínio é bem heterogêneo e essa heterogeneidade não respeita os limites políticos. Uma vez que ecorregiões apresentam as mesmas características fitofisionômicas, se a distribuição das espécies for influenciada por condições geoclimáticas, espera-se que regiões com características semelhantes, apresentem a composição de espécies semelhante. A exclusão nas análises de ecorregiões com menos de quatro registros de presença de espécimes, teve objetivo de obter maior confiabilidade dos dados.

Quando analisados os mapas de distribuição atual de pequenos mamíferos não voadores, tanto em nível taxonômico de gênero quanto em nível taxonômico de espécie (figura 3 e 4 respectivamente), e confrontam-se os resultados com a divisão desse domínio em ecorregiões, chama atenção de forma inequívoca o acúmulo de registros em duas ecorregiões: a Floresta Costeira da Bahia e a Floresta Costeira da Serra do Mar.

As duas ecorregiões com maior registro de ocorrência de espécies/gêneros têm em comum a característica de pertencerem ao grupo de Florestas Tropical e Subtropical Folhosas Úmidas. Segundo o WWF (2012), esse grupo de florestas é definido por apresentar baixa variabilidade da temperatura anual e altos níveis de precipitação. Apresenta também uma alta diversidade beta, principalmente entre áreas montanhosas isoladas e ao longo de gradientes altitudinais (WWF, 2012), o que também denota a especificidade em relação à temperatura. Apesar de outras ecorregiões também serem incluídas nessa mesma categoria, a Floresta Costeira da Bahia e a Floresta Costeira da Serra do Mar se diferem das demais, por serem, na Mata Atlântica do Brasil, as únicas a apresentarem como vegetação principal, a Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 1993).

As Florestas Costeiras da Bahia possuem, atualmente, menos de cinco por cento da cobertura original e é caracterizada pelo clima quente e úmido e por

apresentarem chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Mori & Boon, 1983). Essa ecorregião é bem semelhante, tanto na estrutura e composição, às florestas amazônicas, mas elas abrigam um conjunto único de espécies endêmicas (Mori & Boon, 1983; Prance, 1987) e a riqueza de espécies é muito elevada (Peixoto & Gentry, 1990).

A ecorregião chamada de Floresta Costeira da Serra do Mar é caracterizada por apresentar clima subtropical com altos níveis de precipitação anual. Suas florestas vão desde planícies costeiras localizadas a 20 m de altitude até as montanhas mais altas, entre 1.200 e 1.500 m, criando um gradiente de vegetação notável para florestas de altitude bem desenvolvidas (Veloso *et al.* 1991). Esta extensa faixa de florestas costeiras compreende um dos centros mais notáveis de endemismo na América do Sul (WWF, 2012).

Uma ausência quase total de registros de espécimes foi observada entre essas duas ecorregiões, próximo ao norte do estado do Rio de Janeiro (figura 3 e 4). Nesse local, Florestas do Interior da Bahia e Florestas do Alto Paraná criam uma região de hiato entre as Florestas Costeiras da Bahia e Florestas Costeiras da Serra do Mar, impedindo que as duas ecorregiões de florestas ombrófilas densa se conectem. A ecorregião de Florestas do Interior da Bahia é caracterizada por ter influência de climas de ecorregiões mais seco, como o Cerrado e Caatinga, mostrando-se tão heterogênea que é considerada como uma ecorregião única no domínio Mata Atlântica. Uma característica principal da biodiversidade das Florestas do Interior da Bahia é a mistura de biotas que compartilham muito pouco de sua história evolutiva (WWF, 2012). As Florestas do Alto Paraná são consideradas como corredores para espécies entre florestas úmidas e semi-decíduas e entre a Mata Atlântica e o Cerrado (Klein, 1985; Mantovani, 1993). Essas florestas, por conta da sua ligação com o Cerrado, sofre influência do tempo seco, limitando a sobrevivência de algumas espécies e criando uma fauna bem característica.

Os outros registros de distribuição de espécies são mais esparsos e coincidem com outras ecorregiões que são definidas em três grupos: zonas de contato da Mata Atlântica com outros domínios (Floresta Atlântica Seca); regiões vestigiais de

Mata Atlântica em outros domínios (Enclaves de Florestas Úmidas na Caatinga, Florestas Costeira de Pernambuco, Campos Rupestres de Savanas Montanhosas e Matas de Galerias do Cerrado) e regiões de Mata Atlântica consideradas como particulares em relação à vegetação e clima que apresentam (Florestas Úmidas de Araucária e Manguezais do Atlântico Sul).

Floresta em zona de contato com outros domínios é representada pela Floresta Atlântica Seca. A Floresta Atlântica seca é considerada como pertencente ao grupo das Florestas Folhosas Secas Tropicais e Subtropicais. Essas são caracterizadas pelo clima quente durante o ano todo e por poder receber várias centenas de centímetros de chuva por ano, com grandes períodos de seca, o que tem impacto na floresta.

As regiões vestigiais de Mata Atlântica, em outros domínios, são caracterizadas pelos Enclaves de Florestas Úmidas na Caatinga, pela Floresta Costeira de Pernambuco, pelos Campos Rupestres de Savana Montanhosa e por Matas de Galeria no Cerrado. Os Enclaves de Florestas Úmidas na Caatinga, mais conhecidos como brejos, e as Matas de Galeria do Cerrado caracterizam-se por apresentarem florestas semi-decíduas, que por estarem cercadas pela Caatinga e/ou Cerrado, sofrem influência da seca. Acredita-se que espécies vegetais e animais chegaram a essas áreas de floresta em momentos de maior umidade, quando as florestas contínuas existiam (Andrade-Lima, 1982; Sales *et al.* 1998). A Floresta Costeira de Pernambuco é um centro de endemismo. Essas são reconhecidas por vários autores como um tipo distinto de Mata Atlântica úmida (por exemplo, Andrade-Lima, 1957; Prance, 1987, Veloso *et al.* 1991), e mais recentemente sendo reconhecida como principal local de abrigo para espécies animais durante o período do Pleistoceno, quando as florestas se retraíram devido ao período glacial (Carnaval & Moritz, 2008). Os Campos Rupestres de Savanas Montanhosas são incluídos na categoria de Pastagens Tropicais e Subtropicais, Savanas e Matos, segundo o WWF (2012). Essas regiões são caracterizadas por grandes extensões de terra nos trópicos que não recebem chuvas suficientes para suportar a cobertura de árvores extensa e terem como principal composição vegetal, as gramíneas.

Áreas de Mata Atlântica com particularidades singulares em relação à vegetação e clima incluem as Florestas Úmidas de Araucária e Manguezais do Atlântico Sul. As Florestas Úmidas de Araucária, apesar de pertencerem ao conjunto de Florestas Tropical e Subtropical Folhosas Úmidas, são florestas com vegetação única, representada por coníferas mistas e árvores latifoliadas. Não apresentam estação seca e geadas são frequentes (Veloso *et al*, 1991). Devido às suas características únicas de geomorfologia, clima e composição florística, Florestas Úmidas de Araucária são facilmente separadas de outras partes da Mata Atlântica brasileira. Os Manguezais do Atlântico Sul são caracterizados por um clima quente e úmido, se diferenciando das demais ecorregiões e abrigando um conjunto de espécies únicas (WWF, 2012).

É válido lembrar, porém, que a lacuna de informação, presente no hiato entre as florestas ombrófilas densa (figura 3 e 4) e os registros esparsos de ocorrência de espécies/gêneros em determinadas localidades, pode ser advinda de artefatos como, por exemplo, a falta de coleta ou registro documentado ou publicado de espécies ou gêneros nessas regiões. Dentre as principais dificuldades encontradas durante o levantamento de registros da presença de espécies/gêneros de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica, uma das mais importantes, foi o acesso a diversas coleções zoológicas. Algumas grandes coleções não possuem registros *on-line*. Entre esta destacam-se as Coleções do Museu Nacional no Rio de Janeiro e o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Porém, nota-se que essas lacunas estão em concordância com dados fitofissionômicos, independentes do registro faunístico realizado, e que essa concordância é baseada na análise de um extenso banco de dados, tanto quantitativo quanto qualitativo em termos taxonômicos, o que minimizaria o peso relativo desses artefatos nas análises e resultados alcançados.

Os dados obtidos neste trabalho corroboram outros estudos que afirmam que a ocorrência de fenômenos de retrações e expansões de floresta no período geologicamente recente do Pleistoceno (Vanzolini, 1986; Carnaval & Moritz, 2008) poderiam ter influenciado no padrão de distribuição atual das espécies, bem como no que hoje identificamos como Mata Atlântica (Tabarelli *et al*. 1999). Porém, os

refúgios propostos ao sul e ao norte nos trabalhos acima mencionados, não são representativamente iguais em relação a fauna de mamíferos da Mata Atlântica na região central do domínio, onde se encontra o maior número de registros de ocorrência e riqueza de espécies/gêneros de pequenos mamíferos florestais. Pode-se sugerir, portanto, que os extremos da distribuição de espécies, àqueles que englobam florestas do norte e aqueles que englobam as formações florestais do sul, não sejam considerados tão fidedignos ao domínio Mata Atlântica, mas sim resquícios de uma outrora mata ombrófila densa que contém espécies que ali persistem desde a retração das florestas úmidas (Vivo, 1997). Nesse caso, essas regiões preservariam condições climáticas mínimas adequadas a espécies especialistas de florestas úmidas, como no caso de Brejos do Nordeste (Leal *et al.* 2005, Andrade-Lima, 1982) e Matas de Galeria do Cerrado.

Mantel e Teste de proporcionalidade - Nas análises de influência ou não de uma variável ambiental na distribuição de pequenos mamíferos, optou-se por trabalhar as informações no nível de município. Isto pois, a discussão dos dados em nível de localidade seria dificultada, já que o volume de dados é exacerbado. Além disso, diversos pontos tidos como pontos da localidade de coleta, na verdade, reportavam a sede do município. A decisão de se trabalhar com dados tanto para espécie quanto para gênero se deu na tentativa de não se perder dados conquistados, visto que a identificação taxonômica em nível de espécie não era confiável em muitos casos.

Para a análise realizada, a escolha do teste de Mantel se justifica por esse teste ser indicado para buscar padrões/correlação, entre duas matrizes. Esse passo é realizado para estimar a associação entre duas matrizes de dissimilaridades independentes, descrevendo o mesmo conjunto de entidades, e para testar se a associação é maior do que se poderia esperar de oportunidade. Ou seja, no caso, para verificar qual variável está mais relacionada com a distribuição geográfica dos táxons (cada gênero e cada espécie) do que as demais variáveis consideradas.

Pela análise de similaridade de Jaccard em relação às variáveis ambientais que influenciam a distribuição geográfica de gêneros na Mata Atlântica (Figura 7), conclui-se que, para esse grupo, há maior indefinição sobre quais variáveis analisadas interferem na distribuição dos pequenos mamíferos. Diferentemente do que ocorre quando os dados são analisados em nível de espécie (Figura 8), quando se observa uma clara formação de grupos que se reúnem pelas mesmas variáveis ambientais que os influenciam na sua distribuição ao longo da Mata Atlântica.

Uma possível explicação para esse resultado advém da observação de que as variáveis utilizadas possam não influenciar significativamente na distribuição de pequenos mamíferos a nível taxonômico de gênero. Esse fato pode ser corroborado pela ausência nas análises de variáveis que interferem, por exemplo, na distribuição do gênero *Chirocnectes*. Sabe-se que animais desse gênero são conhecidos por viverem em ambientes aquáticos. Logo, a principal variável influenciadora na sua distribuição é a presença de um curso de água, variável essa que não foi contemplado nesse estudo. Outros gêneros que se agruparam com *Chironectes*, não apresentando nenhuma variável analisada interferindo sua distribuição (*Chaetomys*, *Kannabateomys*, *Juliomys*, *Hylaemys*, *Euryzygomatomys* e *Brucepattersonius*), são gêneros conhecidos por serem raros e com dificuldade de coleta. Logo, tendo poucos pontos secundários de ocorrência e, por conseguinte poucas chances de comparação, com os demais grupos, que apresentam grandes quantidades de registro de presença em diversas regiões.

A dificuldade de se relacionar esses gêneros, em sua maioria monotípica, em estudos desse tipo pode estar mais fortemente ligada ao fato da captura de espécimes ser difícil, do que com a raridade dessas espécies. Isso, pois, estudos recentes afirmam que diversas áreas de Mata Atlântica apresentam poucas espécies generalistas que são espécies comuns e de fácil captura, e um grande número de espécies raras e de difícil captura (Lima *et al.* 2010), podendo-se aumentar o registro de presença de espécies consideradas raras, assim que técnicas de coleta específicas e aprimoradas sejam mais amplamente utilizadas. Deste modo, o padrão encontrado seria resultado de um viés de amostragem, que

resulta em uma maior quantidade de localidades onde encontramos gêneros e espécies ditas como generalistas, enquanto o registro de distribuição de espécies raras tem muitas lacunas. Este viés amostral inviabiliza o uso desses gêneros/espécies para trabalhos que apresentem objetivos como os do presente estudo.

A explicação para o restante dos agrupamentos formados, em nível taxonômico de gênero, não é feito de forma simples. Essa falta de padrão, que relaciona como próximos gêneros tão distintos filogeneticamente pode ser explicados pelo fato de que espécies de um mesmo gênero não compartilhem o mesmo nicho ecológico. Logo, o requerimento de habitats para diferentes espécies de um mesmo gênero é distinto um do outro, unindo num mesmo grupo taxonômico, por exemplo, espécies que possuem hábito arborícola e fossorial.

Porém, quando analisamos os testes em nível de espécie (Figura 8) notamos agrupamentos bem distintos. Um resultado interessante, a ser discutido em maiores detalhes, foi o fato de que todos os marsupiais, à exceção de *Micoureus demerare*, reuniram-se em um mesmo agrupamento em relação às variáveis ambientais que influenciariam a sua distribuição. Mas, apesar dessa exceção, é válido ressaltar que, dentro desse agrupamento, todos os marsupiais mais diretamente associados à Mata Atlântica estão reunidos num grupo. *Marmosops incanus*, *Philander frenatus*, *Didelphis aurita* e *Gracilinaus microtarsus*, foram reunidos em um grupo que é controlado pelas mesmas variáveis ambientais que influenciam na sua distribuição geográfica. Uma possível explicação para *M. demerare* ter ficado externo ao agrupamento dos demais marsupiais de Mata Atlântica é que ela é uma espécie que também ocorre em outro domínio com características totalmente diferentes de um domínio florestal úmido, o Cerrado, ocorrendo também em grandes porções da Amazônia. Esta grande área de ocorrência denota uma não especificidade em relação às mesmas características de habitat que reúnem as espécies de marsupiais exclusivos ou mais associados à Mata Atlântica.

Ainda em relação ao teste de Mantel em relação as espécies (Figura 8), notamos um grupamento formado pelas espécies de *Delomys dorsalis*, *Juliomys*

pictipes, *Kannabatemys amblyonyx*, e *Blarinomys breviceps*. As quatro espécies referidas são espécies que ocorrem tipicamente mais ao Sul do país, que é caracterizado pelo clima temperado e com alta sazonalidade de temperatura. Os registros para algumas dessas espécies em latitudes mais próximas do Equador, ou seja, nos trópicos, reportam o aparecimento delas em regiões de altitudes elevadas (Voss, 1993). Uma possível explicação para esse fenômeno pode ser encontrado no outro teste realizado, com o objetivo de saber quais, entre as variáveis analisadas, tinham mais influência na distribuição das espécies (Figura 10). O resultado indica a sazonalidade da temperatura como principal fator modelador na distribuição das espécies.

Sabe-se que a temperatura tem relação direta com a altitude, especialmente para as regiões tropicais e subtropicais, onde uma diferença altitudinal de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no clima, no solo, na vegetação natural e, conseqüentemente, na adaptação das espécies animais e vegetais e na aptidão para vários sistemas de uso da terra. Sabe-se também que, em lugares mais frios e em topos de montanhas, a sazonalidade da temperatura é maior, tornando-se os mesmos locais semelhantes em relação a sua composição climática, e conseqüentemente faunística (Fritzsons *et al.* 2008). Ou seja, pode-se afirmar que espécies viventes em regiões temperadas, onde a sazonalidade da temperatura é alta, ao habitarem regiões tropicais, tendem a viver em altas altitudes, pois, a variação da temperatura, também será maior, se assemelhando mais fielmente ao local onde ela estava adaptada.

Um estranho agrupamento formado por duas espécies de hábitos totalmente diferentes, como *Kannabateomys amblyonyx*, animais arborícolas, e *Blarinomys breviceps*, animal semifossorial, por apresentarem a isotermalidade como fator que as unem, pode ser explicados por esses animais serem especialistas de habitat e só ocorrerem em determinadas faixas onde as isotermas são parecidas.

O grupo formado pelas espécies de *Didelphis aurita*, *Guerlinguetus ingrami*, *Metachirus nudicaudatus* e *Philander frenatus* tem como principais variáveis influenciadoras na sua distribuição, aquelas relacionadas ao tempo seco e frio. Dentre todos os marsupiais considerados no presente estudo, esses são os que

apresentam maior fidelidade à Mata Atlântica, alguns chegando a ser exclusivos desse domínio. Além disso, o roedor apresentado nesse agrupamento, *Guerlinguetus ingrani*, é o único representante do gênero exclusivo de Mata Atlântica (Paglia *et al.* 2012). *Metachirus nudicaudatus*, apesar de ser encontrado em outros domínios, como por exemplo o Cerrado, foi recentemente descrito em um trabalho ainda não publicado (Vieira, 2006), como uma espécie que apresenta uma linhagem pertencente apenas ao domínio Mata Atlântica. Isso justifica seu agrupamento com espécies pertencentes exclusivamente ao domínio.

Podemos relacionar a falta de padrão nas análises em nível taxonômico de gênero, quando comparados a presença de padrão nas análises de espécies, a um evento chamado de conservadorismo de nicho. O conservadorismo de nicho é definido como um conjunto de características, mantidas ao longo do tempo, que garantem a persistência de espécies em ambientes ecológicos (Hadly *et al.* 2009). Hadly e colaboradores (2009) usando um *proxy* de alcance do tamanho geográfico, exploraram mudanças nos nichos realizados por gêneros e famílias de mamíferos da América do Norte durante a transição climática representada pelo último período de interglaciação. Eles chegaram a conclusão que a mudança na área geográfica de níveis taxonômicos acima de gênero podem estar mais relacionados com interações competitivas e em nível taxonômico de espécie do que as variáveis ambientais. Portanto, eles afirmam que o conservadorismo de nicho em níveis taxonômicos mais elevados parece principalmente ser controlado pelas características intrínsecas de história de vida dos animais, enquanto que o conservadorismo de nicho no nível de espécies pode refletir a presença de controles ambientais. Assim, os resultados encontrados por Hadly e colaboradores (2009) indicam que as variáveis utilizadas para a análise no presente trabalho não seriam suficientes para explicar a distribuição de gêneros, confirmando a indefinição nos resultados encontrados em nível taxonômico de gênero no presente estudo.

Cabe também salientar que os agrupamentos alcançados não relacionam espécies/gêneros filogeneticamente próximos, mostrando que espécies/gêneros distintos podem ter o mesmo requerimento de habitats enquanto espécies/gêneros

próximos tenham se divergido por conta de diferentes necessidades ambientais. Ou seja, a coexistência de espécies filogeneticamente próximas requer diferentes necessidades de habitat, logo, elas necessitam se adaptar a condições ambientais distintas.

Nesse estudo, por exemplo, diferentes espécies do gênero *Micoureus* e *Delomys* não apresentaram as mesmas variáveis ambientais como importantes influenciadoras na sua distribuição geográfica. *Micoureus demerare* ocorre em extensas áreas de distribuição geográfica, abrangendo vários outros domínios além do norte da Mata Atlântica, enquanto *Micoureus paraguayanus* é uma espécie encontrada principalmente ao sul do referido domínio (Voss e Jansa, 2009). No caso de *Delomys* essa observação é mais relevante, visto que as espécies desse gênero são endêmicas de Mata Atlântica e sobrepõem grande parte de sua distribuição, sendo inclusive simpátricos em algumas localidades (Voss, 1993). Nesse último caso nota-se o princípio da divergência, que prediz que espécies que sobrepõem o nicho ecológico se divergem ao longo do tempo para que não haja competição por recursos e, assim, elas possam sobreviver no ambiente (Darwin, 1859; Ridley, 2006).

O resultado indicado pelo teste de proporções de variáveis que mais influenciaram a distribuição de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica para espécies (Figura 10) mostra a sazonalidade da temperatura como principal influenciadora na distribuição das espécies. Esse resultado pode ser confirmado por outras informações do presente trabalho, que indicam a maior presença de registro de espécies/gêneros em duas ecorregiões caracterizadas pela baixa sazonalidade térmica, a Floresta Costeira da Serra do Mar e a Floresta Costeira da Bahia.

O presente estudo confronta dados históricos e atuais que relacionam a altitude como principal fator na distribuição das espécies na Mata Atlântica (e.g.; Vieira & Monteiro-Filho, 2003; Geise, 2004; McCain, 2005). Ao realizar uma análise em ampla escala geográfica e taxonômica na Mata Atlântica, o presente trabalho mostrou que a altitude, tradicionalmente considerada como componente biogeográfico importante na ocorrência e distribuição de espécies na Mata

Atlântica, não foi um fator relevante nesta análise em relação aos demais componentes climáticos, não obtendo suporte estatístico (Figura 10). Ou seja, a altitude parece assumir uma relevância maior quando espécies e regiões da porção central são consideradas em separado, o que reforça uma delimitação mais criteriosa de sub-regiões da Mata Atlântica e seus refúgios. Ou seja, em uma análise mais abrangente em termos geográficos e taxonômicos, a influência da altitude aparece como secundária em relação à climática, ou apenas uma consequência dessa, já que sabemos que a temperatura do ar é, dentre os elementos climáticos, aquele que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e animais (Medeiros *et al.* 2005).

Outros dados importantes que corroboram a temperatura como principal influenciadora na distribuição das espécies é o caso do roedor *Blarinomys breviceps*. Atualmente essa espécie é considerada endêmica da Mata Atlântica, mas a sua localidade tipo é Lagoa Santa (Ávila-Pires, 1960), região que apresenta o Cerrado como domínio predominante atual e que sofreu diversas mudanças climáticas nos últimos 30.000 anos (Geise *et al.* 2008).

Similaridade de ecorregiões - a escolha do Jaccard como índice para as análise de similaridade se deu, pois, segundo Magurran (2004), este é o índice para se medir a beta diversidade (comparação entre áreas) que foca a diferença na composição de espécies entre áreas de alfa diversidade (riqueza de espécies) e formula medidas de complementaridade ou similaridade/dissimilaridade entre essas áreas avaliando a distinção na assembleia de biota.

O estudo da similaridade de áreas ocorreu com uso de ecorregiões, pois, de acordo com o WWF (2012), no Brasil e no mundo existem áreas extensas com as mesmas condições ambientais que podem determinar a ocorrência de um conjunto de comunidades naturais geograficamente distintas, que compartilham a maioria das suas espécies e processos ecológicos críticos para a manutenção de sua viabilidade no longo prazo (Dinnerstein *et al.* 1995).

Nas duas análises, tanto em nível taxonômico de gênero como de em nível taxonômico de espécies (Figuras 11 e 12), as ecorregiões apresentadas como diferentes foram os Campos Rupestres de Savana Montanhosa e Enclaves de Floresta Úmida na Caatinga, que por apresentarem características bem diferentes das demais ecorregiões, como mostrado anteriormente, apresenta composição faunística distinta das demais. A posição mais basal dos Campos Rupestres, em relação às demais ecorregiões, pode ser explicada pelo fato de que os registros de espécies nessa ecorregião são do Alto Caparaó e topos de morro do estado do Rio de Janeiro, locais conhecidos por apresentarem alto número de espécies endêmicas. A posição basal dos Enclaves de Floresta Úmida na Caatinga, em relação aos demais, pode ser devida ao fato de essas ecorregiões apresentarem animais que conseguiram sobreviver nessas localidades após a retração da floresta no Pleistoceno e, depois de perderem a conexão com as espécies de floresta ombrófila densa, se especiaram e se tornaram únicas.

Outro fato em comum nas duas análises, gênero e espécies, é que as duas recuperam um conjunto de florestas úmidas: Florestas Costeiras da Serra do Mar, Florestas do Alto Paraná, Florestas do Interior da Bahia e Florestas Costeiras da Bahia. A diferença reside no fato de que, quando o nível taxonômico considerado foi o de gênero, esse agrupamento de floresta úmida recupera as florestas ombrófilas densas (Floresta Costeira da Serra do Mar e Floresta Costeira da Bahia) como mais semelhantes em relação à composição de gêneros. Essas ecorregiões se estendem ao longo de um grande gradiente latitudinal (Figura 2). Contudo, quando o nível taxonômico analisado foi o de espécie, o agrupamento de florestas úmidas reuniu aquelas que se estendiam ao longo do mesmo gradiente latitudinal, ou seja, a Floresta Costeira da Bahia se agrupou com a Floresta do Interior da Bahia, enquanto que a Floresta do Alto Paraná reuniu-se com as Florestas da Serra do Mar. Estudos filogeográficos, que são baseados em espécies, tem indicado uma diferenciação norte e sul da Mata Atlântica em relação a composição de espécies (Costa, 2003, Pellegrino, 2005, Cabanne *et al.* 2007, Brunet *et al.* 2010, Neves 2010). Essa zona de sutura coincide, grosso modo, com o agrupamento das fitofisionomias aqui relacionadas, através da composição

faunística (Figura 12). No entanto, com estudos em nível taxonômico de gênero, essa separação não é corroborada.

Na análise de gêneros (Figura 11), a separação do grupo que une as Florestas Úmidas de Araucária e Costeira de Pernambuco é reforçada pelo fato das mesmas pertencerem às florestas tropical e subtropical folhosas úmidas e manter o mesmo conjunto de características climáticas gerais, também apresentando características bem particulares e peculiares, o que as tornam diferentes das demais ecorregiões desse grupo (WWF, 2012).

Na análise de espécies (Figura 12), a separação de um grupo de Floresta Atlântica Seca e Floresta Costeira de Pernambuco (presentes na mesma latitude) pode ser explicada pelo fato de as duas pertencerem ao conjunto de Florestas Tropical e Subtropical Folhosas. Porém, a primeira apresenta o clima mais seco, por estar próxima ao Cerrado e Caatinga e portanto, sofrendo com as suas influências, sendo que a outra é caracterizada por ser mais úmida, já que sofre uma maior influência do oceano Atlântico.

A posição diferenciada da Floresta Úmida de Araucária e Floresta Atlântica Seca em relação a Floresta Costeira de Pernambuco (Figura 11 e 12) pode ser explicada por essas três ecorregiões serem bem particulares em relação a sua vegetação e seu componente faunístico, por serem caracterizadas como limites geográficos do domínio Mata Atlântica e, por conseguinte, apresentarem gêneros/espécies diferentes das demais.

Matas de Galerias do Cerrado, aparecem sempre próximo ao grupo de Florestas Úmidas (Figuras 11 e 12) pois, apesar de estar num domínio caracterizado por ser seco, são ambientes florestais úmidos, formando conexões entre as Floresta Atlântica e Amazônica (Costa, 2003), apresentando muitas espécies de pequenos mamíferos comuns a estes domínios. Esses dados são corroborados por publicações recentes que reportam a coleta de animais típicos de Mata Atlântica nessas localidades. Manguezais do Atlântico Sul, apesar de apresentarem composições climáticas e faunísticas bem únicas, são considerados áreas úmidas. O que justifica seu agrupamento sempre próximo ao conjunto formado pelas florestas úmidas.

Aqui é importante lembrar que os agrupamentos recuperados, apesar de serem atingidos em análises que consideraram espécies encontradas em outros domínios, como por exemplo, o Cerrado e Caatinga (já que, esses apresentam conexões geográficas, fitofisionmicas e faunísticas com a Mata Atlântica), não levam em consideração todas as outras ecorregiões do Brasil. Ou seja, não podemos afirmar que, ao se incluir o domínio Amazônia na análise, por exemplo, as ecorregiões da Mata Atlântica continuariam a se agrupar da mesma forma apresentada nesse estudo, pois, estudos com dados genéticos (Costa, 2003), nos mostram que espécies da Mata Atlântica estão associadas mais fortemente com espécies da Amazônia do que com os próprios Enclaves de Florestas Úmidas na Caatinga e Matas de Galeria no Cerrado.

CONCLUSÕES

Ao demonstrar que, para o nível taxonômico de gênero, o principal influenciador na distribuição geográfica é o frio (Figura 11) e que, para o nível taxonômico de espécie (Figura 12), é a sazonalidade de temperatura, o presente trabalho contrapõe um padrão arraigado e frequentemente apontado como principal componente modelador na distribuição atual das espécies de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil: o gradiente altitudinal.

Durante muito tempo, a altitude foi relatada como um importante agente direcionador na distribuição de pequenos mamíferos em escala global estimulando muitos trabalhos em níveis locais. Padrões relacionados, como o dos picos intermediários, foram encontrados (Geise *et al.* 2004). Porém, não se sabe ao certo quais os fatores relacionados à geração desses padrões (Brown, 2001; Heaney, 2001, Lomolino, 2001) e, para muitos outros grupos (inclusive para mamíferos), foi observado que por diversas vezes essa regra não se repetia. Além disso, o pico de diversidade para algumas espécies acontecia em altas elevações (Naniwadekar & Vasudevan, 2008) ou baixas elevações (Kattan & Franco, 2004). A partir daí, muitos esforços foram realizados com o objetivo de investigar quais

eram os fatores que poderiam atuar na produção desses padrões, principalmente em ambientes temperados, o resultado comum: variáveis climáticas (Rosenzweig 1992, 1995, Brown 2001, Smith, 2012). Apesar de, em ambientes tropicais, particularmente na Mata Atlântica, o gradiente altitudinal ter sido enfatizado como produtor dos padrões de distribuição encontrados, os resultados do presente estudo, que considerou a distribuição de pequenos mamíferos em toda domínio e não apenas localmente, as variáveis climáticas - e não a altitude - foram os fatores mais significativos na geração dos padrões encontrados.

O clima coloca restrições sobre quantas espécies podem sobreviver em diferentes locais e elevações. Esta restrição pode ser um resultado de limites fisiológicos da espécie - o mínimo e máximo de valores de nicho dentro do qual uma espécie pode sobreviver (por exemplo, temperaturas e níveis de precipitação) – ou pode limitar o número de indivíduos - as condições climáticas restringir a produtividade, o que por sua vez limita o tamanho da população e número total de indivíduos (Brown, 2001; Hawkins *et al*, 2003)

Dentre os fatores climáticos examinados, a sazonalidade de temperatura foi a mais significativa em explicar o padrão de distribuição das espécies na Mata Atlântica. Realmente, um dos fatores que mais explicam a alta diversidade nos trópicos e em zonas intermediárias de montanhas é o fato de que esses locais apresentam baixa sazonalidade de temperatura, tendo sido utilizada para explicar outros padrões biogeográficos observados como, por exemplo, o padrão latitudinal (Brown & Lomolino, 2006). Esses autores afirmam que os padrões de distribuição encontrados, tanto altitudinais quanto latitudinais, nada mais são do que uma combinação de fatores. Nesse sentido, é interessante notar que na análise de agrupamento de ecorregiões com base na composição de espécies (Figura 11) houve uma correlação estatística latitudinal entre ambientes de floresta úmida. Ou seja, a distribuição das espécies na Mata Atlântica foi influenciada pela sazonalidade da temperatura e, por conseguinte, a composição de espécies em cada ecorregião influenciou o agrupamento de fitofisionomias encontradas em latitudes semelhantes.

Altas flutuações de clima podem afetar a riqueza de espécies já que causam um stress abiótico nos indivíduos e esses têm de se tornar cada vez mais especializadas para poder suportar a diferença de clima e temperatura. Espécies consideradas especialistas de hábitat são mais resistentes e melhores competidoras em relação à ocupação desse tipo de ambiente, dado que apresentam adaptações que as tornam capazes de suportar as alterações climáticas. Já em locais onde a sazonalidade de temperatura é menor, há a presença de fenótipos mais generalizados. Essa característica ambiental é uma das poucas variáveis climáticas da terra que está diretamente ligada à latitude e altitude (Brown & Lomolino, 2006).

Sendo a baixa sazonalidade de temperatura a maior influenciadora na distribuição das espécies de pequenos mamíferos não voadores na Mata Atlântica do Brasil, era de se esperar uma maior riqueza de espécies em regiões que seguem esse padrão. Tal fato foi corroborado com o acúmulo de localidades, tanto de espécies quanto de gêneros, na região ombrófila densa, que reúne as ecorregiões de Florestas Costeiras da Bahia e Florestas Costeiras da Serra do Mar. Essas têm como característica a baixa sazonalidade de temperatura e, por conseguinte, alta produtividade. Essa concentração de registros nas regiões de floresta ombrófila densa pode ser resultado da enorme heterogeneidade da estrutura desse domínio. Ou seja, a Mata Atlântica é muito diferente ao longo de sua distribuição, com grande amplitude latitudinal, apresentando locais com características fitofisionômicas bem distintas. Isso resulta numa diferença de variáveis climáticas ao longo da sua distribuição que pode afetar a composição das espécies (Scaramuzza *et al.* 2011). A heterogeneidade desse domínio teria sido responsável, nesse estudo, pela distinção de grupos de ecorregiões que apresentam características semelhantes, tanto em relação às variáveis climáticas quanto em relação à composição de espécies, como é o caso do grupo formado por florestas úmidas. A partir desses dados, ressalta-se que maior atenção deve ser dada aos limites fitofisionômicos da Mata Atlântica, principalmente quanto às características climáticas, em estudos de biodiversidade e planos de conservação.

Gêneros que contém espécies consideradas especialistas de hábitat não obtiveram resultados significativos nas análises em relação às variáveis analisadas. Esse resultado chama atenção para um ponto importante, na medida em que a sazonalidade de temperatura parece influenciar a distribuição de espécies generalistas, mas não de espécies ditas especialistas. Esse fato indica que alguns táxons merecem maior atenção quando comparados a outros, e que mais estudos devem ser realizados para tentar explicar os padrões de distribuição de espécies especialistas e suas especificidades de habitat na Mata Atlântica.

Finalmente, como ressaltado por Hadly (2009), a distribuição das espécies de mamíferos é instável ao longo de um tempo ecológico e tem sido impactado por atividades humanas, incluindo mudanças climáticas ao longo do último século. Segundo o IPCC (2007) essa é uma das ameaças mais sérias à diversidade biológica. Não só extinções, mas, mais frequentemente, espera-se a mudança dos limites distribucionais dos táxons. Por exemplo, Moritz e colaboradores (2008) observaram que alterações climáticas resultaram no desaparecimento de espécies especialistas e favoreceram a dispersão de espécies generalistas em zonas temperadas (Moritz et al. 2008). Considerando o acima descrito e que nesse estudo, temperatura e sazonalidade foram as características climáticas mais determinantes no padrão de distribuição de espécies de pequenos mamíferos na Mata Atlântica, recomenda-se que estudos da mesma natureza daquele realizado por Moritz et al. (2008), ainda não realizado no âmbito este domínio, sejam priorizados por agência fomento e outras instituições comprometidas com a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica.

LITERATURA CITADA

Amori, G., Chiozza, F., Patterson, B.D., Rondinini, C., Schipper, J. & Luiselli, L. (2012) Species richness and distribution of Neotropical rodents, with conservation implications. *Mammalia*, **0**, 1-19.

Andrade-Lima, D. (1957) Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco*, **2**, 1-45.

Andrade-Lima, D. (1982) Atual floresta refúgios na região Nordeste do Brasil. *Diversificação biológica nos trópicos*. (ed por G.T.Prance), pp 245-251. Columbia University Press, New York.

Araújo, M.A.R. (2000) *Conservação da biodiversidade em Minas Gerais: em busca de uma estratégia para o século XXI*, 1th edn. Centro de Estudos do Meio Ambiente/Unicentro Newton Paiva.

Ávila-Pires, F.D. (1960) Roedores colecionados na região de Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, **50**, 25–43.

Badgley, C. & Fox, D. (2000) Ecological biogeography of North American mammals: Species density and ecological structure in relation to environmental gradients. *Journal of Biogeography*, **27**, 1437-1468.

Bonvicino, C.R., Langguth, A., Lindbergh, S.M. & Paula, A.C. (1997) An elevation gradient study of small mammals at Caparaó National Park, Southeastern Brazil. *Mammalia*, **61**, 547-560.

Bonvicino, C.R., Oliveira, J.A. & D'Andrea, P.S. (2008) *Guia de roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos*. 1th edn. Centro Pan-Americano de Febre Aftosa – OPAS/OMS.

Brown, J.H. (1995) *Macroecology*, 1th edn. The University of Chicago Press.

Brown, J.H. (2001) Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography*, **10**, 101–109.

Brown, J.H & Lomolino, M.V. (2006) *Biogeografia*, 2th edn. FUNPEC editora.

Brunes, T. O, Sequeira, F., Haddad, C.F.B., Alexandrino, E J. (2010) Gene and species trees of a Neotropical group of tree frogs: Genetic diversification in the Brazilian Atlantic Forest and the origin of a polyploid species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **57**, 1120–1133.

Cabanne, G.S., Santos, F.R., Miyaki, E.C.Y. (2007) Phylogeography of *Xiphorhynchus fuscus* (Passeriformes, Dendrocolaptidae): vicariance and recent demographic expansion in southern Atlantic forest. *Biological Journal of the Linnean Society*, **91**, 73–84.

Cáceres, N.C., Nápoli, R.P., Casella, J. & Hannibal, W. (2010) Mammals in a fragmented savannah landscape in south-western Brazil. *Journal of Natural History*, **44**, 491-512.

Cáceres, N.C., Godoi, M.N., Hannibal, W. & Ferreira, V.L. (2011) Effects of altitude and vegetation on small-mammal distribution in the Urucum Mountains, western Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, **27**, 279-287.

Carnaval, A.C. & Bates, J.M. (2007) Amphibian DNA shows marked genetic structure and tracks Pleistocene climate change in northeastern Brazil. *Evolution*, **61**, 2942–2957.

Carnaval, A.C. & Moritz, C. (2008) Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*, **35**, 1-15, 2008. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2699.2007.01870.x/full>>. Acesso em: 16 julho 2012.

Carvajal, A. & Adler, G. H. (2005) Biogeography of mammals on tropical Pacific islands. *Journal of Biogeography*, **32**, 1561–1569.

Colwell, R.K., Rahbek C. & Gotelli, N.J. (2004) The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far? *American Naturalist*, **163**, 1–23.

Costa, L.P., Leite, Y.L.R., Fonseca, G.A.B. & Fonseca, M.T. (2000) Biogeography of South American Forest Mammals: Endemism and Diversity in the Atlantic Forest. *Biotropica*, **32**, 872–881.

Costa, L.P. (2003) The historical bridge between the Amazon and the Atlantic Forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *Journal of Biogeography*, **30**, 71-86. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2699.2003.00792.x/full>>. Acesso em: 16 julho 2012.

Darwin, C. (1859) *On the origins of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life*. 1th edn, Cambridge, Massachusetts; Havard University Press.

Davis, D.E. (1945) The annual cycle of plants, moquitoes, birds, and mammals in two Brazilian forests. *Ecological Monographs*, **15**, 244-295.

Dinnerstein, E., Olson, D.M., Graham, D.J., Raham, A.L., Webster, S.A., Primm, S.A., Bookbinder, M.P. & Ledec, G. (1995) *A Conservation Assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. World Bank, Washington. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 fevereiro 2008.

ESRI. (2008) ArcGIS Desktop: Release 9.3. *Environmental Systems Research Institute*. Redlands, C.A.

Ferro, L.I. & Barquez, R.M. (2009) Species richness of nonvolant small mammals along elevational gradients in northwestern Argentina. *Biotropica*, **41**, 759-767.

Fischer, A.G. (1960) Latitudinal variation in organic diversity. *Evolution*, **14**, 64-81.
Fischer, A.G & Arthur, M.A. (1977) Secular variations in the pelagic realm. *Society for Economic Paleontology and Mineralogy Special Publications*, **25**, 19-50.

Fonseca, G.A.B., Hermann, G., Leite, Y.L.R., Mittermeier, R.A., Rylands & A.B., Patton, J.L. (1996) Lista anotada dos mamíferos do Brasil. *Occasional Papers in Conservation Biology*, **4**, 1-38.

Fox, B.J. & Fox, M.D. (2005) Factors determining mammal species richness on habitat islands and isolates: habitat diversity, disturbance, species interactions and guild assembly rules. *Global Ecology and Biogeography*, **9**, 19-37.

Fritzsons, E., Mantovani, L.E. & Aguiar, A.V. (2008) Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. *Revista de estudos ambientais*, **10**, 49-64.

Gaston, K.J. & Blackburn, T.M. (2000) *Pattern and Process in Macroecology*, 1th edn. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

GBIF. Global Biodiversity Information Facility. (2001). Disponível em: <<http://www.gbif.org/communications/contact-us/>>. Acesso em: 27 de março de 2012.

Geise, L., Pereira, L.G., Bossi, D.E.P. & Bergallo, H.G. (2004) Pattern of elevational distribution and richness of non volant mammals in Itatiaia National Park and its surroundings, in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **64**, 599-612.

Geise, L., Bergallo, H.G., Esbérard, C.E.L., Rocha, C.F.D. & Sluys, M.V. (2008) The karyotype of *Blarinomys breviceps* (Mammalia: Rodentia: Cricetidae) with comments on its morphology and some ecological notes. *Zootaxa*, **1907**, 47-60.

Grazziotin, F.G., Monzel, M., Echeverrigaray, S. & Bonatto, S.L. (2006) Phylogeography of the *Bothrops jararaca* complex (Serpentes: Viperidae): past fragmentation and island colonization in the Brazilian Atlantic Forest. *Molecular Ecology*, **15**, 3969–3982.

Hadly, E.A., Spaeth, P.A. & Li, C. (2009) Niche conservatism above the species level. *PNAS*, **106**, 19707–19714. Disponível em: <www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0901648106>. Acesso em: 22 de dezembro de 2012

Haffer, J. (1969) Speciation in Amazonian Forest Birds. *Science*, **165**, 131.

Hammer, O., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, **4**, 1-9.

Hannibal, W. & Cáceres, N.C. (2010) Use of vertical space by small mammals in gallery forest and woodland savannah in south-western Brazil. *Mammalia*, **74**, 247-255.

Harcourt, H.M. (2008) *Finding Your Wings: a Workbook for Beginning Bird Watchers*, 1th edn. A Workbook for Beginning Bird Watchers

Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guegan, J.F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T., O'Brien, E.M., Porter, E.E. & Turner, J.R.G. (2003). Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, **84**, 3105-3117.

Heaney, L.R. (2001) Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography*, **10**, 15-39.

Herskovitz, P. (1998) Report on some sigmodontine rodents collected in southeastern Brazil with descriptions of a new genus and six new species. *Bonner Zoologische Beiträge*, **47**, 193-256.

Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International*

Journal of Climatology, **25**, 1965-1978. Disponível em: <<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>>. Acesso em: 30 de abril de 2012

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. (2008) *Mapa do Domínio Mata Atlântica*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8 fev. 2008

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (1993) *Mapa de Vegetação do Brasil*. 2th edn. Diretoria de Geociências, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge.

Kattan, G.H. & Franco, P. (2004) Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: Area and mass effects. *Global Ecology and Biogeography*, **13**, 451-458.

Klein, R.M. (1985) Síntese Ecológica da Floresta Estacional da Bacia do rio Jacuí e importância fazer Reflorestamento com essências Nativas (RS). *Comunicações do Museu da PUCRS*, **32**, 25-48.

Koleff, P., Gaston, K.J. & Lennon, J.J. (2003). Are there latitudinal gradients in species turnover? *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 483-498.

Leal, I.R., Silva, J.M.C., Tabarelli, M. & Lacher Junior, T.E. (2005) Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, **1**, 139-146.

Lennon, J.J., Koleff, P., Greenwood, J.J.D. & Gaston, K.J. (2001) The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale. *Journal of Animal Ecology*, **70**, 966-979.

Li, J., He, Q., Hua, X., Zho, J., Xu, H., Chen, J., Fu, C. (2009) Climate and history explain the species richness peak at mid-elevation for Schizothorax fishes (Cypriniformes: Cyprinidae) distributed in the Tibetan Plateau and its adjacent regions. *Global Ecology and Biogeography*, **18**, 264-272.

Lima, D.O., Azambuja, B.O., Camilotti, V.L. & Cáceres, N.C. (2010) Small mammal community structure and microhabitat use in the austral boundary of the Atlantic Forest, Brazil. *Zoologia*, **1**, 99-105.

- Loeb, S.C., Chapman, G.L. & Ridley, T.R. (1999) Sampling small mammals in southeastern forests: the importance of trapping in trees. *Proceeding from the Annual Conference of SEAFWA*, **3**, 415-424.
- Lomolino, M.V. (2001) Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, **10**, 3–13.
- Lomolino, M.V., Riddle, B.R. & Brown, J.H. (2005) *Biogeography*. 3th edn. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Lyons, S.L. & Willig, M.R. (1997) Latitudinal patterns of range size: methodological concerns and empirical evaluations for New World bats and marsupials. *Oikos*, **79**, 568-580.
- Magurran, A.E. (2004) Measuring biological diversity. 1th edn. Oxford, Blackwell.
- Malcom, J.R. (1991) Comparative abundances of Neotropical small mammals by trap height. *Journal of Mammalogy*, **72**, 188-192.
- MANIS. University of California, Mammal Networked Information System. (2001). Disponível em: <<http://manisnet.org/index.html>>. Acesso em: 27 de março de 2012.
- Mantovani, W. (1993) *Estrutura e Dinâmica da Floresta Atlântica nd Juréia, Iguape-SP*. Tese de Livre docência. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Marquet, P.A. (1994) Diversity of small mammals in the Pacific Coastal Desert of Peru and Chile and in the adjacent Andean area: biogeography and community structure. *Australian Journal of Zoology*, **42**, 527-542.
- McCain, C.M. (2004) The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, **31**, 19-31.
- McCain, C.M. (2005) Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology*, **86**, 366-372.
- McCain, C.M. (2007) Area and mammalian elevational diversity. *Ecology*, **88**:76–86.
- Medeiros, J.D., Savi, M. & Brito, B.F.A. (2005) Seleção de área para criação de unidade de conservação na Floresta Ombrófila Mista. *Biotemas*, **18**, 33-50.
- Miranda-Ribeiro, A. (1905) Vertebrados do Itatiaya. *Arquivos do Museu Nacional*, **13**, 163-190.

Miranda-Ribeiro, A. (1935) Fauna de Therezopolis. *Boletim do Museu Nacional*, **11**, 1-40.

Moreira, J.C., Manduca, E.G., Gonçalves, P.R., Moraes Junior, M.M, Ferreira, R.F, Lessa, G. & Dergam, J.A. (2009) A small mammals from Serra do Brigadeiro state park, Minas Gerais, Southeastern Brazil: species composition and elevational distribution. *Arquivos do Museu Nacional*, **67**, 103-118.

Mori, S.A. & Boom, B.M. (1983) Sul baiano floresta úmida. *O Botânico comentário*, **49**, 146-232.

Moritz, C., Patton, J.L., Conroy, C.J., Parra, J.L., White, G.C. & Beissinger, S.R. (2008) Impact of a Century of Climate Change on Small-Mammal Communities in Yosemite National Park, USA . *Science*, **322**, 261-264.

Muller, P. (1973) The dispersal centers of terrestrial vertebrates in the neotropical realm. *Biogeographica*, **2**, 1-244.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853-845.

Naniwadekar, R. & Vasudevan, K. (2007) Patterns in diversity of anurans along an elevational gradient in the Western Ghats, South India. *Journal of Biogeography*, **4**, 842–853.

Neves, A.S. (2010) *Investigação sobre uma Zona de Sutura no Corredor Central da Mata Atlântica a partir da filogeografia de pequenos mamíferos*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil.

Paglia, A.P., Fonseca, G.A.B. da, Rylands, A.B., Herrmann, G., Aguiar, L.M.S., Chiarello, A.G., Leite, Y.L.R., Costa, L.P., Siciliano, S., Kierulff, M.C.M., Mendes, S.L., Tavares, V.D.A.C., Mittermeier, R.A. & Patton, J.L. (2012) *Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil / Annotated Checklist of Brazilian Mammals*. 2th edn. Occasional Papers in Conservation Biology.

Pardini, R. & Umetsu, F. (2006) Pequenos mamíferos não-voadores da Reserva Florestal do Morro Grande – distribuição das espécies e da diversidade em uma área de Mata Atlântica. *Biota Neotropica*, **6**, 1-22.

Peixoto, A.L. & Gentry, A.H. (1990) Diversidade e Composição florística da mata de tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). *Revista Brasileira de Botânica*, **13**, 19-25.

- Pellegrino, K.C.M., Rodrigues, M.T., Waite, A.N., Morando, M., YASSUDA, Y. & Sites, J.W. (2005) Phylogeography and species limits in the *Gymnodactylus darwini* complex (Gekkonidae, Squamata): genetic structure coincide with the rivers systems in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Journal of Linnean Society*, **85**, 13–26.
- Prance, G.T. (1987) Biogeografia de plantas neotropicais. *Biogeografia e história Quaternário na América tropical* (ed. por T.C. Whitmore and G.T. Prance), pp 175-196. Claredon Press, Oxford.
- R CORE TEAM . R: *A language and environment for statistical computing*. 2012. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Reis, N.R., Shibatta, O.A., Peracchi, A.L., Pedro, W.A. & Lima, I.P. (2006) Sobre os mamíferos do Brasil. *Mamíferos do Brasil* (ed. by N.R. Reis, A.L. Peracchi, W.A. Pedro and I.P. Lima), pp. 17-25. Londrina
- Ridley, M. (2006) *Evolução*. 3th edn. ArtMed Editora
- Rosenzweig, M. L. (1992) Species diversity gradients: we know more and less than we thought. *Journal of Mammalogy*, **73**, 715-730.
- Rosenzweig, M.L. (1995) *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge: Cambridge University Press
- Sales, M.F., Mayo, S.J. & Rodal, M.J.N. (1998) *Plantas vasculares das Florestas Serranas de Pernambuco: Um Checklist da flora ameaçada dos Brejos de Altitude, Pernambuco-Brasil*. Imprensa Universitária-UFRPE, Recife.
- Scaramuzza, C.A.M., Simões, L.L., Rodrigues, S.T., Accacio, G.M., Hercowitz, M., Rosa, M.R., Goulart, W., Pinagé, E.P. & Soares, M.S. (2011) *Visão da Biodiversidade da Ecorregião ecológica Serra do Mar: Domínio Biogeográfico Mata Atlântica*. World Wildlife Fund -Brasil.
- Silva, J.M.C. & Casteleti, C.H.M. (2005) Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. *Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas*. (ed. por C. Galindo-Leal and I.G. Câmara), pp. 43-59. Fundação SOS Mata Atlântica/Conservação Internacional, Belo Horizonte.
- Simpson, B.B. (1979) Quaternary biogeography of the high montane regions of South America. *The South American Herpetofauna: its Origin, Evolution, and*

Dispersal (ed por W.E. Duellman), pp. 157–188. Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas, Lawrence, Kansas.

Smith, A.B. (2012) The relative influence of temperature, moisture and their interaction on range limits of mammals over the past century. *Global Ecology and Biogeography*, **6**, 1-10.

Smith, S.A., Nieto Montes de Oca, A., Reeder, T.W., Wiens, J.J. (2007) A phylogenetic perspective on elevational species richness patterns in Middle American treefrogs: why so few species in lowland tropical rainforests? *Evolution*, **61**, 1188–1207.

SPECIES LINK. Rede de dados eletrônica Species Link. (2012). Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso em: 20 de abril de 2012.

Stanley, S.M. (1979) *Macroevolution: Pattern and Process*. San Francisco: W.H.Freeman.

Tabarelli, M., Mantovani, W. & Peres, C.A. (1999) Efeitos da fragmentação de habitat na estrutura da planta da aliança no Atlântico floresta montanhosa do sudeste do Brasil. *Biological Conservation*, **91**, 119-127.

Tabarelli, M., Pinto, L.P., Silva, J.M., Hirota, M. & Bedê, L. (2005) Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. *Conservation Biology*, **19**, 695-700.

Torre, I. & Arrizabalaga, A. (2009) Species richness and abundance of small mammals along a elevational gradient of a mediterranean mountain. *Vie et Milieu-life and environment*, **59**, 199-208.

Vanzolini, P. E. (1986). Addenda and corrigenda to Part I Snakes. *Catalogue of the Neotropical Squamata*. (eds J.A., Peters & B. Orejas-Miranda), pp1-16. Part I, Snakes. Washington,

Veloso, H.P., Rangel-Filho, A.R.L. & Lima, J.C.A. (1991) *Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um Sistema universal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

Vieira, E.M. & Monteiro-Filho, E.L.A. (2003) Vertical stratification of small mammals in the Atlantic rain forest of south - eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, **19**, 501 – 507.

- Vivo, M. (1997) Mammalian evidence of historical ecological change in the Caatinga semiarid vegetation of northeastern Brazil. *Journal of Comparative Biology*, **2**, 65–73.
- Voss, R. (1993) *A Revision of the Brazilian Muroid Rodent Genus Delomys with Remarks on "Thomasomyine" Characters*. American Museum of Natural History, Nova York.
- Voss, R.S. & Jansa, S.A. (2009) Phylogenetic relationships and classification of didelphid marsupials, an extant radiation of New World metatherian mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **322**, 1–177.
- Weksler, M., Percequillo, A.R. & Voss, R. (2006) Ten New Genera of Oryzomyine Rodents (Cricetidae: Sigmodontinae). *American Museum Novitates*, **3537**, 1-29.
- Weksler, M. & Percequillo, A.R. (2011) Key to the genera of the tribe Oryzomyini (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae). *Mastozoologia Neotropical*, **18**, 281-292.
- Wiens, J.J., Parra-Olea, G., Garcia-Paris, M., Wake, D.B. (2007) Phylogenetic history underlies elevational patterns of biodiversity in tropical salamanders. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **274**, 919–928.
- Whittaker, R.H & Niering, W.A. (1965) Vegetation of the Santa Catarina Mountains, Arizona: A gradient analysis of the south slope. *Ecology*, **46**, 429-452.
- WWF Brasil. Fundo Mundial da Natureza. (2012). Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2012.
- WWF. World Wide Fund for Nature. (2012). Disponível em: <<http://worldwildlife.org/biomes>>. Acesso em: 15 de novembro de 2012.